



TUGAS AKHIR – TM 141585

**EVALUASI BEBAN PENDINGIN DAN PELUANG
PENGHEMATAN DI LANTAI IV DAN VI
UNIVERSITAS XYZ**

FAKHRUL FUADY
NRP. 2112 100 116

Dosen Pembimbing:
Ary Bachtiar K. P., ST, MT, Ph.D

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT – TM 141585

**EVALUATION OF COOLING LOAD AND ODDS
OF SAVING ENERGY ON THE XYZ
UNIVERSITY AT FOURTH AND SIXTH FLOOR**

FAKHRUL FUADY
NRP. 2112 100 116

Advisor:
Ary Bachtiar K. P., ST, MT, Ph.D

MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2017

Halaman ini sengaja dikosongkan

**EVALUASI BEBAN PENDINGIN DAN PELUANG
PENGHEMATAN DI LANTAI IV DAN VI
UNIVERSITAS XYZ**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
FAKHRUL FUADY
Nrp. 2112100116

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir

1. Ary Bachtiar Krishna Putra (Pembimbing)
(NIP. 197105241997021001)
2. Prof. Dr. Ir. Djatmiko Ichsan M.Eng. (Penguji I)
(NIP. 197301161997021009)
3. Dr. Bambang Sudarmanta ST (Penguji II)
(NIP. 197301161997021001)
4. Dr. Bambang Arip D. ST., M.Eng. (Penguji III)
(NIP. 197804012002121001)

SURABAYA
JULI, 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan

EVALUASI BEBAN PENDINGIN DAN PELUANG PENGHEMATAN DI LANTAI IV DAN VI UNIVERSITAS XYZ

Nama : Fakhrul Fuady
NRP : 2112100116
Jurusan : Teknik Mesin, FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ary Bachtiar K. P., ST, MT, Ph. D

Abstrak

Sebagai perguruan tinggi Islam swasta berbasis teknologi, kebutuhan energi pada gedung Universitas XYZ cukuplah besar. Salah satu pemakaian energi yang paling besar dalam menunjang kegiatan operasional harian Universitas XYZ ialah sistem pendingin. Sistem pendingin menggunakan air conditioner split duct dan air conditioner wall mounted. Menurut data BPPT konsumsi energi final di Indonesia pada periode 2000-2013 meningkat rata-rata sebesar 2,8% per tahun. Adapun kebutuhan energi listrik di Indonesia pada tahun 2009 sebesar 151.334 GWh dan pada tahun 2013 kebutuhan energi listrik sudah mencapai 208.935 GWh meningkat 11,52% per tahun. Persediaan energi dari tahun ketahun semakin menurun terutama pada sumber energi yang tidak dapat diperbaharui seperti gas alam, minyak bumi, dan batu bara. Apabila penggunaan energi tidak dikendalikan maka lama kelamaan akan terjadi krisis energi. Oleh karena itu Penelitian Tugas Akhir ini akan mengangkat kasus penghematan energi di Universitas XYZ dalam rangka untuk melaksanakan penghematan energi.

Pada penelitian ini dilakukan dengan analisa sistem penerangan dan pendinginan pada Lantai IV dan VI Universitas XYZ. Analisa sistem penerangan pada setiap ruangan dibandingkan dengan penerangan standard SNI 03-

6197-2000 yang digunakan sebagai acuan untuk analisa sistem penerangan. Metode selanjutnya adalah analisa beban pendinginan untuk mengetahui besar cooling load pada suatu ruangan. dibuat 3 skenario untuk menghitung beban pendinginannya, yakni beban pada pukul 09.00 WIB, beban pada pukul 12.00 WIB, dan beban pada pukul 15.00 WIB. Sistem pengkondisian udara mengacu pada ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers) dengan metode CLTD (Cooling Load Temperature Difference).

Dari penelitian yang dilakukan didapatkan hasil perbandingan intensitas pencahayaan, perbandingan daya pencahayaan, dan perbandingan total beban pendinginan dengan kapasitas AC yang terpasang pada tiap ruang. Dari perbandingan tersebut, Ruangan yang sistem penerangannya nyaman intensitas dan hemat daya sebelum rekomendasi yaitu Perpustakaan Cetak, Ruang Kuliah 1 - Ruang Kuliah 7. Setelah diberikan rekomendasi penggantian lampu, seluruh ruangan sistem penerangannya sudah nyaman intensitas dan hemat daya. Ruangan yang sistem pengkondisian udaranya nyaman sebelum rekomendasi ialah seluruh ruangan pada lantai IV dan VI. Penghematan sistem penerangan setelah dilakukan penggantian lampu menjadi lampu LED Bulb yaitu sebesar 22.376,64 kWh/tahun sehingga mampu menghemat Rp. 32.832.796 setiap tahunnya. Dari perhitungan dapat diketahui beban pendingin maksimum berada pada pukul 15 : 00 WIB. Total penurunan beban pendinginan dari seluruh Ruangan di Lantai IV dan VI Universitas XYZ yang didapat setelah melakukan penggantian kaca dari single glass menjadi double glass yaitu sebesar 33865 kWh/tahun sehingga mampu menghemat sebesar Rp 49.689.442 setiap tahun

Kata kunci : *penghematan energi, audit energi, beban pendinginan, sistem penerangan, efisiensi energi*

EVALUATION OF COOLING LOAD AND ODDS OF SAVING ENERGY ON THE XYZ UNIVERSITY AT FOURTH AND SIXTH FLOOR

Name : Fakhrol Fuady
NRP : 2112100116
Department : Mechanical Engineering, FTI-ITS
Advisor : Ary Bachtiar K. P., ST, MT, Ph. D

Abstract

As a private Islamic University based technology, the needs energy in XYZ University building is large enough. One of the biggest energy usage in support daily operations of XYZ University is the cooling system. The cooling system uses a split duct air conditioner and wall mounted air conditioner. According to BPPT data, final energy consumption in Indonesia in the period 2000-2013 increased by an average of 2.8% per year. Electricity energy needs in indonesia in 2009 amounted to 151,334 GWh and in 2013 electricity demand has reached 208,935 GWh, which means increased 11,52% per year. Energy reserves from year to year are declining especially in non renewable energy source such as natural gas, petroleum and coal. if the use of energy is not controlled then sooner or later there will be an crisis. Therefore this final assignment will raise the case of energy savings at XYZ University in order to implement energy savings.

In this research, using analysis lighting and cooling system on fourth and sixth floor of XYZ University. The lighting system analysis in each room is compared with the standard lighting SNI 03-6197-2000 used a reference for lighting system analysis. The next method is cooling load analysis to determine the cooling load in each room. Three scenarios were made to calculate the cooling load, ie load at

09:00 pm, load at 12:00 pm and load at 15:00 pm. Air conditioning system refers to ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers) with CLTD (Cooling Load Temperature Difference).

From the research, the result of comparison of lighting intensity, comparison of lighting energy and ratio of total cooling load with Air Conditioning capacity installed in each room. From the comparison, the room that the lighting system is comfortable intensity and energy saving before recommendation is the library, lecture room 1 - lecture room 7. After the recommended replacement lamp, the entire room lighting system has been comfortable intensity and energy saving. A room with a comfortable air conditioning system before recommendation is the whole room on the fourth and sixth floor. Saving lighting system after the replacement of lamps into the LED Bulb lights is 22.376,64 kWh / year so as to save Rp. 32.832.796 every year. From the calculation can be known the maximum cooling load is at 15:00 pm. Total reduction of cooling load from all rooms in fourth and sixth floor XYZ University obtained after the glass change from single glass to double glass that is equal to 33.865 kWh / year so that is can save Rp. 49.689.442 every year.

Keywords : *energy savings, energy audit, cooling load, lighting system, energy efficiency*

KATA PENGANTAR



Puji syukur Alhamdulillah kehadirat ALLAH SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis diberi kesempatan untuk dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, dan atas segala dukungan, dorongan, serta do'a sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai tepat waktu. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Ibunda Elmanizar tersayang, yang tanpa lelah memberikan dukungan, semangat, perhatian dan do'a, serta segenap Keluarga penulis yang telah memberikan dukungan bagi penulis.
2. Bapak Ary Bachtiar, K. P., ST, MT, Ph.D selaku dosen pembimbing yang dengan sabar mengarahkan dan menuntun demi keberhasilan Penelitian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Djatmiko Ichsani, M. Eng., Bapak Bambang Arip Dwiyanoro, ST, M.Sc, Ph.D, dan Bapak Dr. Bambang Sudarmanta, ST, MT, selaku dosen penguji Tugas Akhir. Terima kasih atas saran dan masukan yang diberikan untuk Tugas Akhir ini.
4. Seluruh staf pengajar di Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan banyak pengajaran berharga, baik keilmuan teknis maupun non-teknis.
5. Seluruh staf dan karyawan Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.
6. Koordinator Lab. Pendingin, Lab. Termodinamika dan Perpindahan Panas serta teman-teman seperjuangan Tugas Akhir di Lab. Perancangan Pengembangan

Produk, semoga kita selalu diberikan kesehatan. Aamiin.

7. Partner Tugas Akhir Nimas Alfiana Raras Saputri terima kasih atas segala dukungan , motivasi, doa serta semangat dan juga susah senang yang dilalui bersama dalam penyelesaian Tugas Akhir dan pendidikan S1 di Teknik Mesin ITS ini.
8. Teman-Teman Lab. Perancangan Pengembangan Produk, terima kasih atas kontribusinya bagi penulis, semoga diberi kelancaran dan kemudahan kedepannya.
9. Seluruh pihak yang telah banyak membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu-satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan masukan dan saran dari semua pihak. Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi kemajuan ilmu pengetahuan khususnya di bidang konversi energi. Aamiin.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Dasar Teori	5
2.1.1 Manajemen Energi	5
2.1.2 Audit Energi	5
2.1.3 Konservasi Energi	7
2.1.4 Analisa Kelayakan Investasi	7
2.1.4.1 <i>Net Present Value</i> (NPV)......	8
2.1.4.2 <i>Payback Period</i>	9
2.1.5 Teori Pengkondisian Udara.....	10
2.1.6 Beban Pendinginan (<i>cooling load</i>).....	11
2.1.7 Perhitungan Beban Pendinginan	12
2.1.7.1 Beban Transmisi Melalui Dinding Luar, Atap dan kaca	12
2.1.7.2 Beban Radiasi Matahari Melalui Kaca	14
2.1.7.3 Beban Pendinginan Melalui Ventilasi dan Infiltrasi	14
2.1.8 Perhitungan Beban Pendinginan Internal	15
2.1.8.1 Beban Pendinginan Melalui Partisi (<i>Partition</i>)	15

2.1.8.2 Beban Penghuni	16
2.1.8.3 Beban Penerangan	16
2.1.8.4 Beban Peralatan	17
2.1.9 Beban Total Pendinginan	17
2.1.10 Faktor Keamanan	18
2.1.11 Dasar-Dasar Psikometrik.....	18
2.1.12 Standar Sistem Penerangan	20
2.1.13 Perhitungan Penerangan Ruangan.....	22
2.1.13.1 Tingkat Pencahayaan Rata-Rata ($E_{rata-rata}$)	22
2.1.13.2 Koefisien Penggunaan (kp).....	22
2.1.13.3 Koefisien Depresiasi / Penyusutan (kd).....	23
2.2 Tinjauan Pustaka.....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian	27
3.2 Diagram Alir Pengambilan Data	29
3.3 Langkah-Langkah Penelitian	30
3.3.1 Persiapan Awal.....	30
3.3.2 Peralatan	30
3.3.3 Kondisi Bangunan.....	32
3.3.3.1 Jenis dan Keterangan Bangunan.....	32
3.3.3.2 Letak dan Posisi Bangunan.....	32
3.3.3.3 Kondisi Ruang	32
3.3.3.4 Temperatur Luar Gedung	34
3.4 Data Hasil <i>Survey</i>	34
3.4.1 Data Umum	34
3.4.2 Denah	35
3.4.2.1 Denah Lantai IV	35
3.4.2.1 Denah Lantai VI	36
3.4.3 Data Konstruksi.....	36
3.4.3.1 Atap	36
3.4.3.2 Dinding	36
3.4.3.3 Pintu.....	45
3.4.4 Beban Ruangan	45
3.4.4.1 Beban Penghuni	46
3.4.4.2 Beban Lampu.....	47

3.4.4.3 Beban Peralatan Elektronik	50
3.5 Metode Penelitian.....	52
3.6 Diagram Alir Perhitungan	54
3.6.1 Diagram Alir Perhitungan Beban Pendinginan.....	54
3.6.2 Diagram Alir Perhitungan Beban Penerangan.....	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Perhitungan Beban Sistem Penerangan	57
4.1.1 Intensitas dan Daya Pencahayaan Standar	57
4.1.2 Perbandingan Nilai Intensitas Pencahayaan	58
4.1.3 Perbandingan Daya Pencahayaan Maksimum.....	58
4.1.4 Analisa Sistem Penerangan pada Ruang Lantai IV dan IV Universitas XYZ.....	59
4.1.4.1 Daya Pencahayaan Maksimum.....	63
4.1.4.2 Kenyamanan dan Kehematan Daya di Lantai IV dan VI Ruang Universitas XYZ	67
4.1.5 Rekomendasi Sistem Penerangan	68
4.1.5.1 Daya Total Lampu Pada Ruang di Lantai IV dan VI Universitas XYZ Aktual.....	68
4.1.5.2 Daya Total Lampu Pada Ruang di Lantai IV dan VI Universitas XYZ Rekomendasi	71
4.1.5.3 Intensitas Pencahayaan setelah Dilakukan Penggantian Tipe Lampu.....	73
4.1.5.4 Daya Pencahayaan Maksimum setelah Dilakukan Penggantian Tipe Lampu	76
4.1.5.5 Peluang Penghematan Energi Dari Pergantian Lampu Ruang Lantai IV dan VI Universitas XYZ.....	79
4.2 Perhitungan Beban Pendinginan	81
4.2.1 Perhitungan Beban Pendinginan Eksternal.....	83
4.2.1.1 Beban Transmisi Melalui Kaca	83
4.2.1.2 Beban Radiasi Melalui Kaca	84
4.2.1.3 Beban Transmisi Pada Dinding	85
4.2.1.3 Beban Infiltrasi Pada Pintu	87
4.2.2 Perhitungan Beban Pendinginan Internal.....	88

4.2.2.1 Beban Penerangan	88
4.2.2.2 Beban Penghuni	88
4.2.1.3 Beban Peralatan	89
4.2.3 Total Beban Pendinginan	89
4.2.4 Perbandingan Beban Pendinginan dengan Kapasitas AC	91
4.3 Analisa Beban Pendinginan	91
4.3.1 Analisa Beban Pendinginan pada Ruang di Lantai IV dan VI Universitas XYZ	91
4.3.2 Rekomendasi Beban Pendinginan	99
4.3.3 Peluang Penghematan Energi Dari Pergantian Kaca <i>Single Glass</i> Menjadi <i>Double Glass</i> di Lantai IV dan VI Universitas XYZ	103
4.4 Standar IKE (Indeks Konsumsi Energi)	105
4.4.1 Perhitungan IKE (Indeks Konsumsi Energi) Sebelum Dilakukannya Rekomendasi	105
4.4.2 Perhitungan IKE (Indeks Konsumsi Energi) Setelah Dilakukannya Rekomendasi	106
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	109
5.2 Saran	109
DAFTAR PUSTAKA	111
LAMPIRAN	
BIODATA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Data penggunaan energi final di Indonesia tahun 2000-2013	1
Gambar 2.1 Diagram alir kas	9
Gambar 2.2 <i>ASHRAE comfort zone</i>	10
Gambar 2.3 Contoh beban pendinginan ruangan	12
Gambar 2.4 Bagan psikrometrik	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	27
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengambilan Data	29
Gambar 3.3 <i>Environmental meter</i>	30
Gambar 3.4 <i>Laser distance meter</i>	31
Gambar 3.5 <i>Infrared thermometer</i>	31
Gambar 3.6 Sistem HVAC Lantai IV Universitas XYZ	35
Gambar 3.7 Sistem HVAC Lantai VI Universitas XYZ	36
Gambar 3.8 Konstruksi dinding D1 dan D2.....	37
Gambar 3.9 Diagram alir perhitungan sistem pendinginan.....	54
Gambar 3.10 Diagram alir perhitungan sistem penerangan	55
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Daya Pencahayaan Maksimum Perpustakaan cetak	59
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Intensitas Pencahayaan Ruangan di Lantai IV Universitas XYZ	62
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Intensitas Pencahayaan Ruangan di Lantai IV Universitas XYZ	63
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Daya Pencahayaan Maksimum Ruangan di Lantai IV Universitas XYZ.....	65
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Daya Pencahayaan Maksimum Ruangan di Lantai VI Universitas XYZ	66
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Intensitas Pencahayaan Maksimum Setelah Rekomendasi Ruangan di Lantai IV Universitas XYZ	75

Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Intensitas Pencahayaan Maksimum Setelah Rekomendasi Ruangan di Lantai VI Universitas XYZ	76
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Daya Pencahayaan Maksimum Setelah Rekomendasi Ruangan di Lantai IV Universitas XYZ	78
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Daya Pencahayaan Maksimum Setelah Rekomendasi Ruangan di Lantai VI Universitas XYZ	79
Gambar 4.10 <i>Cashflow</i> Diagram Penggantian Lampu	81
Gambar 4.11 Distribusi Beban Pendinginan Ruang Kuliah 4 pada pukul 15:00 WIB	90
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Beban Pendinginan pada saat Pukul 09:00 WIB dengan Kapasitas Supply AC	97
Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Beban Pendinginan pada saat Pukul 12:00 WIB dengan Kapasitas Supply AC	98
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Beban Pendinginan pada saat Pukul 15:00 WIB dengan Kapasitas Supply AC	99
Gambar 4.15 <i>Cashflow</i> Diagram Penggantian Kaca	105
Gambar 4.16 Standar IKE menurut Pergub Provinsi DKI Jakarta No. 38 Tahun 2012	106

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tingkat pencahayaan rata-rata, renderansi dan temperatur warna sesuai SNI 03-6197-2000 tentang konservasi energi pada sistem pencahayaan.....	21
Tabel 2.2 Daya listrik maksimum untuk pencahayaan.....	21
Tabel 2.3 Nilai Koefisien Pemakaian (kp)	23
Tabel 2.4 Nilai Koefisien Depresiasi berdasarkan kondisi ruang	24
Tabel 3.1 Luas tiap ruang pada lantai IV dan VI Universitas XYZ.....	32
Tabel 3.2 Kondisi Udara Luar.....	34
Tabel 3.3 Konstruksi Bahan Dinding 1 (D1)	37
Tabel 3.4 Konstruksi Bahan Dinding 2 (D2)	38
Tabel 3.5 Luas Dinding tiap ruangan pada Lantai IV dan VI Universitas XYZ.....	38
Tabel 3.6 Luas pintu masuk pada lantai IV dan VI Universitas XYZ.....	45
Tabel 3.7 Jumlah Penghuni rata-rata tiap ruangan di lantai IV dan VI Universitas XYZ.....	46
Tabel 3.8 Tabel Jumlah Lampu di Lantai IV dan VI Universitas XYZ.....	47
Tabel 3.9 Jumlah Peralatan Elektronik yang Digunakan tiap ruangan di lantai IV dan VI Universitas XYZ.....	50
Tabel 4.1 Tingkat Pencahayaan rata-rata Standar sesuai SNI 03-6197-2000.....	57
Tabel 4.2 Daya Pencacayaan Maksimum Menurut SNI 03-6197-2000.....	58
Tabel 4.3 Perbandingan Intensitas Pencahayaan ruangan Perpustakaan cetak.....	58
Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya dengan Standar SNI di Lantai IV dan VI Universitas XYZ.....	59

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Daya Pencahayaan Maksimum Tiap Ruangan di Lantai IV dan VI Universitas XYZ.....	64
Tabel 4.6 Hasil Analisa Sistem Penerangan pada tenant-tenant di Lantai IV dan VI Universitas XYZ	67
Tabel 4.7 Tabel Jumlah Lampu di Lantai IV dan VI Universitas XYZ.....	69
Tabel 4.8 Data Pergantian tipe lampu	71
Tabel 4.9 Daya Total dan Jenis Lampu yang Direkomendasikan untuk ruangan di Lantai IV dan VI Universitas XYZ.....	71
Tabel 4.10 Intensitas Pencahayaan Ruangan di Lantai IV dan VI setelah Rekomendasi	73
Tabel 4.11 Daya Pencahayaan Ruangan di Lantai IV dan VI setelah Rekomendasi	77
Tabel 4.12 Besar Biaya Investasi dan Penghematan dengan lampu LED	80
Tabel 4.13 Kondisi Lingkungan.....	82
Tabel 4.14 Hasil Penyesuaian Arah Mata Angin	82
Tabel 4.15 CLTD (°F) untuk kaca.....	84
Tabel 4.16 <i>Latitude-Month Correction</i> untuk dinding dan atap...	86
Tabel 4.17 <i>Heat gain</i> yang dihasilkan dari beberapa kegiatan.....	89
Tabel 4.18 Beban Peralatan Listrik pada ruang kuliah 4	89
Tabel 4.19 Total Beban Pendinginan Ruang Kuliah 4.....	90
Tabel 4.20 Distribusi Sistem Pendinginan Unit AC-008 di Lantai IV Universitas XYZ	91
Tabel 4.21 Hasil Perhitungan Beban Pendinginan pukul 09:00 WIB	92
Tabel 4.22 Hasil Perhitungan Beban Pendinginan pukul 12:00 WIB	93
Tabel 4.23 Hasil Perhitungan Beban Pendinginan pukul 15:00 WIB	94
Tabel 4.24 Kapasitas Supply AC di Lantai IV dan VI Universitas XYZ.....	95

Tabel 4.25 Hasil Penghematan Beban Transmisi Kaca Tipe <i>Double Glass</i>	101
Tabel 4.26 Hasil Penghematan Beban Radiasi Kaca Tipe <i>Double Glass</i>	103
Tabel 4.27 Besar Biaya Investasi dan Penghematan dengan pergantian kaca	104
Tabel 4.28 Besar Biaya Investasi dan Penghematan dengan pergantian kaca	106

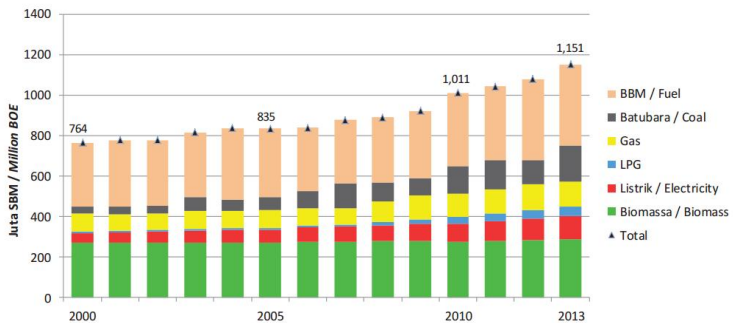
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Laju pertumbuhan penduduk dan pembangunan gedung-gedung yang semakin bertambah dan berkembang pesat akan mempengaruhi kecenderungan kebutuhan penggunaan energi yang terjadi pada suatu Negara. Pemakaian energi yang meningkat di masa yang akan datang dapat mengakibatkan krisis energi bila tidak ditemukan sebuah solusi untuk mengatasinya. Menurut data BPPT konsumsi energi final di Indonesia pada periode 2000-2013 meningkat rata-rata sebesar 2,8% per tahun.



Gambar 1.1 Data Penggunaan energi final Indonesia tahun 2000-2013 (*sumber : Outlook Energi Indonesia 2015*) Adapun kebutuhan energi listrik di Indonesia pada tahun 2009 sebesar 151.334 GWh dan pada tahun 2013 kebutuhan energi listrik sudah mencapai 208.935 GWh meningkat 11,52% per tahun.

Universitas XYZ ialah perguruan tinggi Islam swasta yang berada di Cempaka Putih, Jakarta Pusat. Universitas XYZ berada di pusat kota Jakarta dengan luas lahan kampus 25.000 m² dan luas bangunan 19.300 m² yang terdiri dari berbagai bangunan. Bangunan yang paling besar dan paling

utama ialah gedung Universitas XYZ. Gedung Universitas XYZ terdiri dari 12 lantai dan satu lantai ground, adapun jam operasional gedung ini dimulai dari jam 06.00 - 18.00 WIB. Sebagai perguruan tinggi Islam swasta berbasis teknologi, kebutuhan energi pada gedung Universitas XYZ cukuplah besar. Kebutuhan energi yang besar akan menyebabkan pembiayaan energi membengkak. Salah satu pemakaian energi yang paling besar dalam menunjang kegiatan operasional harian Universitas XYZ ialah sistem pendingin. Sistem pendingin menggunakan *air conditioner split duct* dan *air conditioner wall mounted*.

Kebutuhan energi yang semakin meningkat dari tahun ketahun tidak diimbangi dengan persediaan energi yang besar, namun persediaan energi dari tahun ketahun semakin menurun terutama pada sumber energi yang tidak dapat diperbaharui (*non renewable energy*) seperti gas alam, minyak bumi, dan batu bara. Semakin berkurang sumber energi tersebut, maka akan menyebabkan terjadinya krisis energi. Hal ini dikarenakan permintaan energi semakin meningkat namun ketersediaan jumlah energi semakin sedikit. Kondisi ini menyebabkan nilai energi semakin hari semakin tinggi sehingga penggunaan energi yang efektif dan efisien sangat dibutuhkan. Karena kondisi tersebut perlu dilakukannya langkah penghematan penggunaan energi. Pada kenyataannya manajemen energi belum diterapkan di Universitas XYZ. Hal ini sangat disayangkan karena dengan melakukan manajemen energi dapat menghindari pemborosan energi dan energi dapat dimanfaatkan secara efektif dan efisien. Oleh karena itu tugas akhir ini akan mengangkat kasus kebutuhan energi pada beban pendingin di lantai IV dan VI gedung Universitas XYZ sehingga diharapkan dapat memberikan peluang penghematan energi.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas oleh penulis dalam Tugas Akhir evaluasi peluang penghematan energi lantai IV dan VI Universitas XYZ ini diantaranya:

1. Apakah ada kemungkinan terjadi pemborosan penggunaan energi di lantai IV dan VI Universitas XYZ.
2. Apakah ada peluang untuk dilakukan penghematan energi untuk sistem pengkondisian udara pada area lantai IV dan VI Universitas XYZ.
3. Bagaimana langkah-langkah untuk menghemat penggunaan energi pada area lantai IV dan VI Universitas XYZ.

1.3 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian dari tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui kemungkinan terjadi pemborosan penggunaan energi di lantai IV dan VI Universitas XYZ.
2. Mengetahui peluang penghematan energi untuk sistem pengkondisian udara pada area lantai IV dan VI Universitas XYZ.
3. Mengetahui langkah-langkah untuk menghemat penggunaan energi pada area lantai IV dan VI Universitas XYZ.

1.4 Batasan Masalah

Audit energi merupakan lingkup yang sangat luas untuk diteliti. Untuk itulah pada tugas akhir ini ada beberapa batasan – batasan yang meliputi :

1. Pengambilan data pada hanya pada lingkup dan ruangan yang diizinkan oleh pengelola gedung saja.
2. Letak Geografis Gedung terletak pada 6°10'09,8" Lintang Selatan dan 106°52'12.4" Bujur Timur
3. Penelitian yang dilakukan dengan analisa sistem pendinginan.

4. Kondisi desain ruangan didasarkan pada comfort zone untuk standar ASHRAE dengan temperature ruangan yang konstan.
5. Pada sistem pengkondisian udara, perhitungan beban pendinginan mengacu pada standar *ASHRAE Fundamental* 1997 dengan metode *Cooling Load Temperature Difference (CLTD)*.
6. Bayangan akibat dari luas bangunan, pepohonan dan bangunan di sekitar objek penelitian diabaikan.
7. Pada sistem penerangan mengacu pada standar SNI 03-6197-2000
8. Alat ukur telah terkalibrasi dengan baik

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil dari penelitian ini dapat direkomendasikan kepada pihak manajemen atau pengelola gedung Universitas XYZ sebagai dasar pelaksanaan konservasi energi sehingga dapat diperoleh penghematan energi pada gedung Universitas XYZ.
2. Mengembangkan wawasan mahasiswa terhadap penerapan manajemen energi yang meliputi evaluasi peluang dan langkah konservasi energi. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menjelaskan manajemen energi dalam penerapannya di gedung komersial.

BAB II

DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Manajemen Energi

Manajemen energi adalah sebuah langkah kegiatan sistematis dalam menggunakan energi sehingga mampu mengendalikan konsumsi energi dan memanfaatkan energi secara efektif agar tercapai pemanfaatan energi dan mampu memaksimalkan keuntungan dalam suatu perusahaan. Dimana kegiatan tersebut direncanakan, dicatat, diawasi dan dievaluasi secara kontinu untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi penggunaan energi yang tidak perlu sehingga akan mengurangi biaya energi. Adapun tujuan manajemen energi yaitu:

1. Optimalisasi pemanfaatan sumber daya energi dan energi.
2. Meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya energi dan energi.
3. Pemanfaatan peluang untuk meningkatkan daya saing perusahaan.

Manajemen Energi dapat memberikan metode yang dapat diaplikasikan sebagai langkah penghematan energi. Manajemen energi tidak hanya mengacu pada permasalahan teknis, namun juga dapat dikaitkan dengan pola perilaku sumber daya manusia yang terlibat dalam penggunaan energi. Pengguna energi diharapkan mampu menggunakan energi seefisien mungkin untuk mengurangi pemborosan energi. Langkah awal yang harus dilakukan adalah dengan melaksanakan audit energi.

2.1.2 Audit Energi

Audit energi merupakan langkah awal dalam kegiatan konservasi energi. Audit energi mengidentifikasi dimana saja

energi dikonsumsi dan berapa banyak energi yang dikonsumsi dalam sebuah gedung maupun bangunan lainnya. Audit dalam arti luas bermakna evaluasi. Evaluasi yang dimaksud dapat diartikan evaluasi terhadap suatu organisasi, sistem, proses, atau produk. Audit dilaksanakan oleh pihak yang kompeten, objektif, dan tidak memihak, yang disebut auditor. Energi merupakan kemampuan dari suatu sistem untuk melakukan kerja. Manusia akan selalu memanfaatkan energi untuk kehidupan sehari-harinya. Besar energi yang digunakan akan selalu meningkat setiap periode seiring bertambahnya populasi dan meningkatnya kebutuhan manusia. Sehingga dapat disimpulkan bahwa audit energi adalah proses evaluasi dan identifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi energi pada suatu perusahaan. Evaluasi dan identifikasi penggunaan energi mencakup konsumsi energi terbesar sehingga dapat dilakukan usaha dan rekomendasi penghematan energi. Rekomendasi proses audit energi yang diberikan dalam usaha penghematan energi tidak hanya pada pengurangan atau penggantian peralatan yang berpotensi besar terhadap penggunaan energi, namun rekomendasi juga diberikan sebagai Standar Operasional Prosedur yang baik jika diterapkan kepada sumber daya manusia.

Kegiatan audit energi dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu: audit energi awal, audit energi rinci, dan implementasi. Tahapan audit energi tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Audit Energi Awal.
Pengumpulan dan penyusunan data historis energi tahun sebelumnya, menghitung Intensitas Konsumsi Energi (IKE) tahun sebelumnya, membandingkan dengan standar IKE.
2. Audit Energi Rinci.

Jika ada indikasi pemborosan, melakukan penelitian dan pengukuran konsumsi energi, membandingkan hasil pengukuran dengan standar IKE, mengidentifikasi kemungkinan Peluang Hemat Energi (PHE), menganalisis PHE, dan merekomendasikan PHE pada instansi yang terkait.

3. Implementasi.

Mengimplementasikan rekomendasi dari hasil analisis PHE yaitu dengan mengurangi atau mengganti peralatan yang berpotensi besar terhadap penggunaan energi, melakukan monitoring dan mengevaluasi terhadap implementasi. Melihat kemungkinan hasil: Baik atau ada peluang lebih baik.

Metode yang digunakan untuk dapat melihat adanya peluang penghematan energi adalah dengan membandingkan intensitas konsumsi energi (IKE) dengan standar IKE untuk gedung. Dengan mengetahui nilai intensitas konsumsi energi (IKE) mampu memberikan rekomendasi-rekomendasi yang dapat diaplikasikan sebagai upaya penghematan energi.

2.1.3 Konservasi Energi

Penghematan energi atau konservasi energi adalah upaya mengefisienkan pemakaian energi untuk suatu kebutuhan agar pemborosan energi dapat dihindarkan. Penghematan energi dapat dicapai dengan penggunaan energi secara efisien dimana manfaat yang sama diperoleh dengan menggunakan energi lebih sedikit, ataupun dengan mengurangi konsumsi dan kegiatan yang menggunakan energi. Penghematan energi dapat menyebabkan berkurangnya biaya, serta meningkatnya nilai lingkungan.

2.1.4 Analisa Kelayakan Investasi

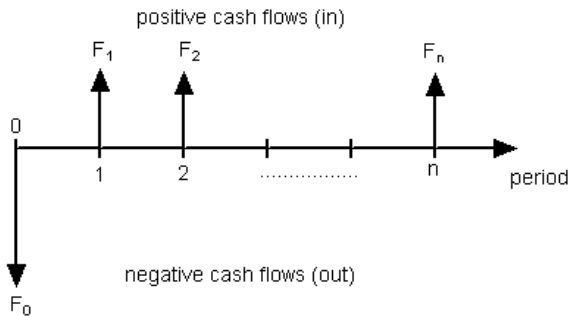
Untuk menilai *profitabilitas* rencana investasi dikenal dua macam metode, yaitu metode konvensional dan metode

non-konvensional (*discounted cash flow*). Dalam metode konvensional dipergunakan dua macam tolok ukur untuk menilai profitabilitas rencana investasi, yaitu *payback period* dan *accounting rate of return*, sedangkan dalam metode non-konvensional dikenal tiga macam tolok ukur profitabilitas, yaitu *Net Present Value* (NPV), *Profitability Index* (PI), dan *Internal Rate of Return* (IRR). Dalam hal ini peluang penghematan ditinjau dari segi *Net Present Value* (NPV) dan *payback period*.

2.1.4.1 *Net Present Value* (NPV)

Net Present Value (NPV) atau yang biasa dikenal dengan diagram alir kas ialah suatu aliran grafis dari transaksi ekonomi yang dilukiskan pada garis skala waktu. Ada dua segmen dalam suatu diagram aliran kas yaitu:

- a) Garis horizontal yang menunjukkan skala waktu (periode). Periode dapat dinyatakan dalam tahun, bulan, minggu atau hari, tergantung pada relevansi permasalahan yang dihadapi, dan bergerak membesar dari kiri ke kanan. Titik nol menunjukkan saat ini.
- b) Garis-garis vertikal yang menunjukkan aliran kas, untuk panah yang menunjuk ke atas menunjukkan aliran kas positif atau berupa penerimaan. Sebaliknya aliran kas negatif yang menyatakan pengeluaran dituliskan dengan panah yang mengarah ke bawah



Gambar 2.1 Diagram alir kas

$$F / P = (F / P, i\%, N) \quad (2.1)$$

dimana :

F = nilai di waktu yang akan datang (Future worth)

P = nilai sekarang (Present worth)

i = tingkat bunga per periode

N = Jumlah Periode

Jika nilai F_n bernilai positif maka rencana investasi dapat diterima, sebaliknya jika bernilai negatif akan ditolak.

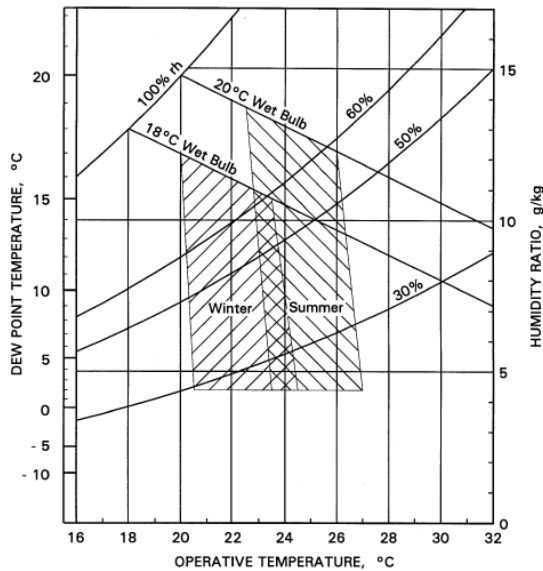
2.1.4.2 Payback Period

Payback period adalah suatu metode berapa lama investasi akan kembali atau periode yang diperlukan untuk menutup kembali pengeluaran investasi (*initial cash investment*) dengan menggunakan aliran kas, dengan kata lain *payback period* merupakan rasio antara *initial cash investment* dengan *cash flow*-nya yang hasilnya merupakan satuan waktu. Suatu usulan investasi akan disetujui apabila *payback period*-nya lebih cepat atau lebih pendek dari *payback period* yang disyaratkan oleh perusahaan.

$$Payback\ period = \frac{\text{Investasi Awal}}{\text{Cash Flow}} \times 1\ \text{Tahun} \quad (2.2)$$

2.1.5 Teori Pengondisian Udara

Pengkondisian udara adalah usaha mengolah udara untuk mengendalikan temperatur ruangan, kelembaban relatif, kualitas udara, dan penyebarannya, untuk menjaga persyaratan kenyamanan (*comfort*) bagi penghuni.



Gambar 2.2 ASHRAE comfort zone (sumber : ASHRAE standard 1992)

Kondisi udara di dalam ruangan untuk perencanaan dipilih sesuai dengan fungsi dan persyaratan penggunaan ruangan yang dimuat dalam standar. Standar kenyamanan termis di Indonesia yang berpedoman pada standart [ANSI/ASHRAE 55-1992] merekomendasikan suhu nyaman $24^{\circ}\text{C} + 2^{\circ}\text{C}$, atau rentang antara 22°C hingga 26°C dan kelembaban relatif 50% - 60% untuk kenyamanan penghuni. Kondisi udara di luar untuk perencanaan harus sesuai standar yang berlaku, atau digunakan kondisi udara luar dalam standar

lain yang disepakati oleh masyarakat profesi tata udara dan refrigerasi.

Sebagai faktor utama untuk menentukan kapasitas pendinginan sistem tata udara dan refrigerasi, perhitungan perkiraan beban pendinginan harus dilakukan dengan hati-hati dan sangat cermat pada setiap komponen beban. Perhitungan beban pendinginan maksimum yang terlampaui konservatif, atau terlalu besar faktor keamanannya, akan menyebabkan penentuan kapasitas mesin pendingin yang terlampaui besar. Akibatnya, pada beban parsial, mesin pendingin akan beroperasi jauh di bawah kapasitasnya. Kondisi ini umumnya akan menyebabkan pemakaian energi yang kurang efisien bagi mesin.

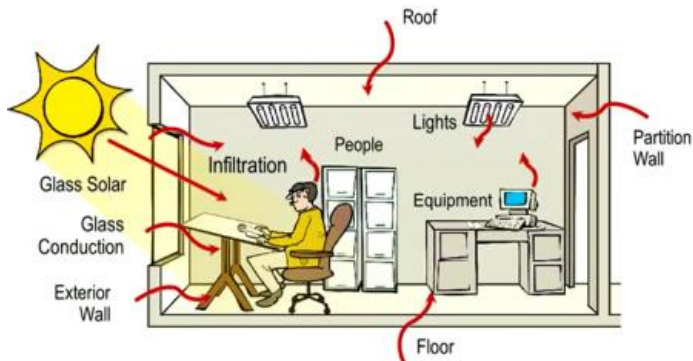
2.1.6 Beban Pendinginan (*Cooling Load*)

Ada banyak faktor yang diperhitungkan dalam menentukan besarnya beban pendinginan pada suatu pengkondisian udara. Faktor-faktor ini mempunyai dampak bagi kapasitas sistem, pengendalian, dan perancangan, serta penempatan sistem saluran udara, atau unit-unit terminal. Sebagai contoh, penempatan unit-unit hangat di bawah jendela atau di sepanjang dinding luar dapat mengatasi pengaruh suhu rendah dari permukaan-permukaan tersebut. Perpindahan kalor melalui suatu selubung bangunan dipengaruhi oleh jenis bahan yang digunakan, oleh faktor geometris, seperti ukuran, bentuk, dan orientasinya, adanya sumber-sumber kalor dalam, dan faktor-faktor iklim.

Secara garis besar, beban pendinginan diklasifikasikan menjadi dua, yaitu beban kalor yang masuk dari luar ruangan ke dalam ruangan (beban eksternal) dan beban kalor yang bersumber dari dalam ruangan itu sendiri (beban internal). Pembagian beban pendingin dengan menggunakan metode *CLTD* adalah sebagai berikut.

- Beban eksternal:

- Beban transmisi melalui dinding luar, atap dan kaca.
- Beban radiasi matahari melalui kaca
- Beban ventilasi
- Beban infiltrasi
- Beban Internal:
 - Beban partisi
 - Beban penghuni
 - Beban penerangan
 - Beban peralatan



Gambar 2.3 Contoh beban pendinginan ruangan

2.1.7 Perhitungan Beban Pendinginan Eksternal

2.1.7.1 Beban Transmisi Melalui Dinding Luar, Atap dan Kaca

Beban transmisi adalah beban yang diakibatkan oleh perpindahan panas secara konduksi karena perbedaan temperatur antara bagian luar dengan bagian dalam elemen bangunan.

Beban transmisi pada dinding luar, atap dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$q = U \times A \times CLTD_c \quad (2.3)$$

dimana:

q = Beban Transmisi melalui dinding, atap dan kaca, watt

U = Overall heat transfer coefficient, W/m^2K

A = Luasan dinding, atap, dan kaca, m^2

$CLTD_c$ = Cooling Load Temperature Difference, K

Harga $CLTD_c$ menggunakan data dari tabel 3.8, 3.10 dan 3.23 ASHRAE tanpa koreksi jika data yang ada sebagai berikut:

- warna dinding dan atap gelap
- Temperatur ruang rancangan $78^\circ F$ ($25,56^\circ C$)
- Temperatur udara luar maksimum $85^\circ F$ ($35^\circ C$), dengan *Daily Range* $21^\circ F$
- Letak ruangan/gedung berada pada 40 LU, perhitungan dilakukan pada tanggal 23 Juni.

Jika kondisi berbeda, nilai $CLTD_c$ dihitung menggunakan koreksi pada persamaan berikut ini:

Untuk $CLTD_c$ pada dinding dihitung menggunakan persamaan :

$$CLTD_c = \{(CLTD + LM) \times K + (78 - t_R) + (t_o - 85)\} \quad (2.4)$$

Untuk $CLTD_c$ pada atap dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$CLTD_c = \{(CLTD + LM) \times K + (78 - t_R) + (t_o - 85)\} \times f \quad (2.5)$$

Sedangkan $CLTD_c$ pada kaca dihitung menggunakan persamaan:

$$CLTD_c = CLTD + (78 - t_R) + (t_o - 85) \quad (2.6)$$

dimana:

$CLTD$ = Perbedaan temperature pendinginan, K

LM = Faktor koreksi (*Latitude Month*)

K = faktor penyesuaian warna dinding.

K = 1 untuk warna gelap atau daerah industri

K = 0,83 untuk warna atap cerah

K = 0,65 untuk warna dinding cerah.

t_R = Temperatur udara ruang rancangan , K
 f = Koreksi untuk *ceiling ventilation*
 f = 0,75 untuk *attic fan*
 f = 1 untuk yang lainnya
 t_o = Suhu udara luar yang dihitung berdasarkan persamaan :

$$t_o = \{ \text{Design Outside Temperature} - (\frac{\text{daily range}}{2}) \} K$$

daily range = Temperatur harian rata-rata

2.1.7.2 Beban Radiasi Matahari Melalui Kaca

Beban radiasi adalah beban yang diperoleh akibat penjaralan energi matahari melalui komponen bangunan yang tembus pandang atau penyerapan oleh komponen bangunan yang tidak tembus cahaya (*opaque building component*). Beban radiasi kaca dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$q = \text{SHGF} \times A \times \text{SC} \times \text{CLF} \quad (2.7)$$

dimana:

q = Beban radiasi melalui kaca, BTU/hr

SHGF = Faktor panas matahari, BTU/(hr.ft²)

Harga SHGF didapat dari Tabel 3.25 ASHRAE-HANDBOOK-1997 Fundamental

A = Luasan kaca, ft²

SC = Koefisien bayangan

Harga SC didapat dari Tabel 3.18 ASHRAE-HANDBOOK-1997 Fundamental

CLF = Faktor beban pendinginan untuk kaca.

Harga CLF didapat dari Tabel 3.27 dan Tabel 3.28 ASHRAE-HANDBOOK-1997 Fundamental

2.1.7.3 Beban Pendinginan Melalui Ventilasi dan Infiltrasi

Ventilasi adalah udara yang dimasukkan ke dalam bangunan secara alami atau mekanis. Infiltrasi adalah laju aliran udara tak terkendali dan tidak disengaja masuk ke dalam gedung melalui celah dan bukaan lainnya dan akibat

penggunaan pintu luar gedung. Infiltrasi disebut juga sebagai kebocoran udara luar ke dalam gedung. Besarnya beban ventilasi dan infiltrasi dapat dihitung menggunakan rumus di bawah ini:

$$Q_s = 1.1 \times \Delta T \times \text{scfm} \quad (2.8)$$

$$Q_l = 4840 \times \Delta w \times \text{scfm} \quad (2.9)$$

dimana:

Q_s = kalor sensible dari ventilasi dan infiltrasi udara (BTU/hr)

Q_l = kalor laten dari ventilasi dan infiltrasi udara, (BTU/hr)

scfm = infiltrasi udara atau kecepatan ventilasi, (ft³/min)

ΔT = selisih temperatur di dalam dan di luar ruangan (°F)

Δw = selisih rasio kelembaban di dalam dan di luar ruangan (lb/lb)

2.1.8 Perhitungan Beban Pendinginan Internal

2.1.8.1 Beban Pendinginan Melalui Partisi (*Partition*)

Penambahan kalor melalui partisi, langit-langit dan lantai. Besarnya penambahan kalor dapat dicari dari persamaan di bawah ini :

$$q = U \times A \times TD \quad (2.10)$$

Dimana :

q = Kalor perpindahan panas (BTU/hr)

U = Koefisien seluruh perpindahan panas untuk lantai, partisi, dan langit-langit (BTU/hr.ft².°F).

Harga U didapat dari Tabel 3.1-3.5 dan A3.1 ASHRAE-HANDBOOK-1997 Fundamental

A = Luas area dari lantai (ft²)

TD = selisih temperatur ($^{\circ}\text{F}$)

2.1.8.2 Beban Penghuni

Beban penghuni adalah beban yang disebabkan adanya komponen komponen yang mengisi ruangan tersebut. Dilihat dari berapa banyak penghuni ruangan, total jam, dan kegiatan yang dilakukan oleh penghuni.

Berikut ini merupakan persamaan untuk menghitung beban sensibel dan laten penghuni,

$$Q_s = q_s \times n \times \text{CLF} \quad (\text{btu/hr}) \quad (2.11)$$

Untuk beban laten manusia:

$$Q_L = q_L \times n \quad (\text{btu/hr}) \quad (2.12)$$

dengan:

q_s, q_L = Panas sensibel dan laten manusia

n = Banyaknya manusia

CLF = Faktor beban pendinginan untuk manusia.

CLF = 1 (Dengan kepadatan tinggi atau 24 jam operasi kerja dan pendinginan dan atau jika pendinginan mati pada malam hari atau selama weekends).

2.1.8.3 Beban Penerangan

Jumlah perolehan kalor dari ruangan yang disebabkan oleh penerangan tergantung pada daya dan jenis pemasangannya. Energi radiasi dari lampu, mula-mula akan diserap oleh lantai dan peralatan-peralatan didalam ruangan hingga suhunya naik dengan laju yang ditentukan oleh massanya. Oleh karena suhu permukaan-permukaan benda-benda tersebut naik diatas suhu udara, maka dari permukaan-permukaan tersebut kalor dikonveksikan sehingga akhirnya menjadi beban bagi sistem pendinginan. Berikut merupakan rumusan untuk perhitungan beban penerangan:

$$Q = 3.41 \times q_i \times F_u \times F_s \times \text{CLF} \quad (2.13)$$

dengan :

Q = Sensibel cooling load (Btu/hr)

- q_i = Total daya lampu (watt)
 F_u = Fraksi lampu yang terpasang
 F_s = Faktor Balast, $F_s = 1,2$ (untuk fluorescent biasa) $F_s = 1.0$ (untuk incandescent)
 CLF = Faktor beban pendinginan untuk lampu
 $CLF = 1$ (Dengan kepadatan tinggi atau 24 jam operasi kerja dan pendinginan dan atau jika pendinginan mati pada malam hari atau selama weekends).

2.1.8.4 Beban Peralatan

Beban peralatan adalah beban yang diperhitungkan akibat kalor yang keluar dari peralatan peralatan yang mempengaruhi besarnya beban pendinginan. Beban kalor ini dapat dilihat pada tabel yang terlampir.

2.1.9 Beban Total Pendinginan

Beban total pendinginan adalah jumlah dari Total Sensibel Heat (TSH) dengan Total Latent Heat (TLH). Beban total sensible dapat diperoleh dengan menjumlahkan beban-beban sensible dari seluruh ruangan. Dan beban-beban sensible tiap ruangan berasal dari beban sensible internal dan beban sensible eksternal. Dari pernyataan tersebut dapat ditulis dengan persamaan :

$$TSH = SH \text{ Internal} + SH \text{ Eksterna} \quad (2.14)$$

dimana:

$$SH_{\text{Internal}} = Q_s \text{ penghuni} + Q_s \text{ lampu} + Q_s \text{ peralatan} \quad (2.15)$$

$$SH_{\text{Eksternal}} = Q_s \text{ atap} + Q_s \text{ dinding} + Q_s \text{ kaca} + Q_s \text{ kaca radiasi} + Q_s \text{ lantai} + Q_s \text{ ventilasi} \quad (2.16)$$

Demikian pula dengan beban laten total tiap lantai yaitu dengan cara menjumlahkan beban-beban laten semua ruangan. Beban total tiap ruangan berasal dari beban laten internal dan beban laten eksternal.

$$TLH = LH \text{ Internal} + LH \text{ Eksternal} \quad (2.17)$$

Dimana :

$$LH \text{ Internal} = Q_L \text{ penghuni} + Q_L \text{ peralatan} \quad (2.18)$$

$$LH \text{ Eksternal} = Q_L \text{ Infiltrasi} + Q_L \text{ ventilasi} \quad (2.19)$$

Maka,

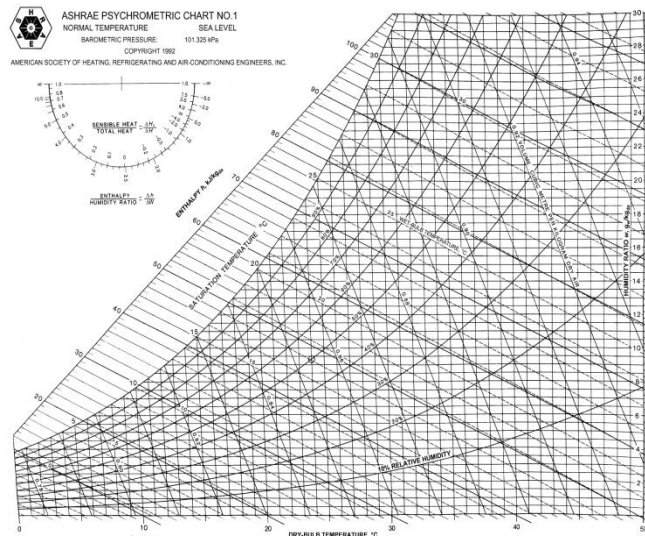
$$\text{Beban Total Pendinginan} = TSH + TLH \quad (2.20)$$

2.1.10 Faktor Keamanan

Faktor keamanan perlu ditambahkan pada beban total pendinginan untuk menjaga kemungkinan terjadi kesalahan dalam survei atau perakitan. Harga faktor keamanan terdapat pada standar *ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) Fundamental* tahun 1997, *chapter 28* minimal sebesar 10% dari beban total pendinginan.

2.1.11 Dasar-Dasar Psikrometrik

Psikrometrik merupakan suatu bahasan tentang sifat-sifat campuran udara dengan uap air yang mempunyai arti yang sangat penting dalam pengkondisian udara, karena udara pada atmosfer tidak kering betul melainkan merupakan campuran antara udara dan uap air. Kandungan uap air dalam udara pada untuk suatu keperluan harus dibuang atau ditambahkan



Gambar 2.3 Bagan psikrometrik (*sumber : ASHRAE Fundamental 1997*)

- Temperatur bola kering

Temperatur bola kering merupakan temperatur yang terbaca pada termometer sensor kering dan terbuka, namun penunjukan dari temperatur ini tidak tepat karena adanya pengaruh radiasi panas.

- Temperatur bola basah

Temperatur bola basah merupakan temperatur yang terbaca pada termometer dengan sensor yang dibalut dengan kain basah. Untuk mengukur temperatur ini diperlukan aliran udara sekurangnya adalah 5 m/s. Temperatur bola basah sering disebut dengan temperatur jenuh adiabatik.

- Titik embun

Titik embun adalah temperatur air pada keadaan dimana tekanan uapnya sama dengan tekanan uap air dari udara. Titik embun dapat ditentukan salah satunya dengan mendinginkan permukaan yang mengkilat secara perlahan-

lahan. Ketika permukaan mengkilat mulai didinginkan, maka lama-lama akan mencapai temperatur dimana lapisan uap muncul dipermukaan. Temperatur inilah yang disebut titik embun.

- Kelembapan relatif

Kelembapan relatif adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan banyaknya uap air di udara dibandingkan dengan banyaknya uap air pada temperatur jenuh. Kelembapan relatif dapat dikatakan sebagai kemampuan udara untuk menerima kandungan uap air, jadi semakin besar RH semakin kecil kemampuan udara tersebut untuk menyerap uap air.

- Kelembapan spesifik

Kelembapan spesifik menyatakan banyaknya uap air di udara atau perbandingan antara massa uap air dengan massa udara kering yang ada didalam atmosfir.

Kelembapan spesifik dapat dirumuskan :

$$w = \frac{M_w}{M_a} \quad (2.21)$$

Dimana :

W = Kelembapan spesifik

M_w = Massa uap air

M_a = Massa udara kering

- Volume spesifik

Volume udara campuran (m^3) per kilogram udara kering.

- Entalpi

Entalpi merupakan energi kalor yang dimiliki oleh suatu zat pada temperatur tertentu, atau jumlah energi kalor yang diperlukan untuk memanaskan 1 kg udara kering dan x kg air (dalam fasa cair) dari 0°C sampai mencapai $t^\circ\text{C}$

2.1.12 Standar Sistem Penerangan

Standarisasi pencahayaan pada bangunan gedung bertujuan untuk memperoleh sistem pencahayaan dengan

pengoperasian yang optimal sehingga penggunaan energi menjadi efisien tanpa harus mengurangi dan mengubah fungsi bangunan, kenyamanan dan produktivitas kerja penghuni serta mempertimbangkan aspek biaya. Standar pencahayaan terdapat pada SNI 03-6197-2000 dengan maksud untuk mencapai penggunaan energi yang efisien.

Tabel 2.1 Tingkat pencahayaan rata-rata, renderasi dan temperatur warna sesuai SNI 03-6197-2000 tentang konservasi energi pada system pencahayaan

Fungsi ruangan	Tingkat pencahayaan (Lux)	Kelompok renderasi warna	Temperatur warna		
			Warm white <3300 K	Cool white 3300K – 5300K	Daylight >5300K
Lembaga Pendidikan					
Ruang kelas	250	1 atau 2		•	•
Perpustakaan	300	1 atau 2		•	•
Laboratorium	500	1		•	•
Ruang gambar	750	1		•	•
Kantin	200	1	•	•	
Perkantoran					
Ruang direktur	350	1 atau 2		•	•
Ruang kerja	350	1 atau 2		•	•
Ruang komputer	350	1 atau 2		•	•
Ruang rapat	300	1	•	•	
Ruang gambar	750	1 atau 2		•	•
Ruang arsip	150	1 atau 2		•	•
Ruang arsip aktif	300	1 atau 2		•	•

Selain mengatur tingkat pencahayaan, di dalam SNI 03-6197-2000 juga mengatur besarnya daya maksimum yang digunakan untuk sistem penerangan. Adapun besarnya daya maksimum untuk sebagian tempat sebagai berikut:

Tabel 2.2 Daya listrik maksimum untuk pencahayaan

Lokasi	Daya pencahayaan maksimum(W/m^2) (termasuk rugi-rugi balast)
Ruang kantor	15
Auditorium	25

Pasar swalayan	20
Hotel:	
Kamar tamu	17
Daerah umum	20
Rumah sakit	
Ruang pasien	15
Gudang	5
Kafetaria	10
Garasi	2
Restauran	25
Lobi	10
Tangga	10
Ruang parkir	5
Ruang perkumpulan	20
Industri	20

2.1.13 Perhitungan Penerangan Ruangan

2.1.13.1 Tingkat Pencahayaan Rata-Rata ($E_{rata-rata}$)

Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan pada umumnya didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja. Yang dimaksud dengan bidang kerja ialah bidang horisontal imajiner yang terletak 0,75 meter di atas lantai pada seluruh ruangan. Tingkat pencahayaan rata-rata $E_{rata-rata}$ (lux), dapat dihitung dengan persamaan :

$$E_{rata-rata} = \frac{F_{total} \times kp \times kd}{A} \quad lux \quad (2.22)$$

dimana :

F_{total} = Fluks luminus total dari semua lampu yang menerangi bidang kerja (lumen)

A = luas bidang kerja (m^2).

k_p = koefisien pemakaian.

k_d = koefisien depresiasi (penyusutan).

2.1.13.2 Koefisien Penggunaan (kp)

Koefisien penggunaan didefinisikan sebagai perbandingan antara fluks luminus yang sampai di bidang kerja terhadap keluaran cahaya yang dipancarkan oleh semua lampu. Sebagian dari cahaya yang dipancarkan oleh lampu diserap oleh armatur, sebagian dipancarkan ke arah atas dan sebagian lagi dipancarkan ke arah bawah. Besarnya koefisien penggunaan dipengaruhi oleh faktor :

- 1). Distribusi intensitas cahaya dari armatur.
- 2). Perbandingan antara keluaran cahaya dari armatur dengan keluaran cahaya dari lampu di dalam armatur.
- 3). Reflektansi cahaya dari langit-langit, dinding dan lantai.
- 4). Pemasangan armatur apakah menempel atau digantung pada langit-langit,
- 5). Dimensi ruangan.

Besarnya koefisien penggunaan untuk sebuah armatur diberikan dalam bentuk tabel yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat armatur yang berdasarkan hasil pengujian dari instansi terkait. Pabrik armatur akan memberikan tabel kp, karena tanpa tabel ini perancangan pencahayaan yang menggunakan armatur tersebut tidak dapat dilakukan dengan baik. Besarnya koefisien penggunaan biasanya ditentukan berdasarkan estimasi. Berikut adalah Tabel kp :

Tabel 2.3 Nilai Koefisien Penggunaan (kp)

Jenis Distribusi Cahaya (Jenis Penerangan)	Perkiraan Koefisien Penggunaan (KP)
Penerangan langsung	0.60 hingga 0.45
Sebagian besar langsung	0.55 hingga 0.40
Merata (menyebar)	0.50 hingga 0.35
Sebagian besar tak langsung	0.45 hingga 0.35
Tidak langsung	0.35 hingga 0.20
Tidak langsung (penerangan lampu hias tembok)	0.20 hingga 0.10

2.1.13.3 Koefisien Depresiasi/ Penyusutan (kd)

Koefisien depresiasi atau sering disebut juga koefisien rugi-rugi cahaya atau koefisien pemeliharaan, didefinisikan sebagai perbandingan antara tingkat pencahayaan setelah jangka waktu tertentu dari instalasi pencahayaan digunakan terhadap tingkat pencahayaan pada waktu instalasi baru. Besarnya koefisien depresiasi dipengaruhi oleh beberapa hal :

- 1). Kebersihan dari lampu dan armatur.
- 2). Kebersihan dari permukaan-permukaan ruangan.
- 3). Penurunan keluaran cahaya lampu selama waktu penggunaan.
- 4). Penurunan keluaran cahaya lampu karena penurunan tegangan listrik.

Tabel 2.4 Nilai Koefisien Depresiasi berdasarkan kondisi ruang

Koefisien depresiasi (Kd)	Ruang bersih	Pembersihan setelah 1 tahun	Kd	0.8 – 0.85
	Ruang sedang	Pembersihan setelah 2 tahun	Kd	0.7
	Ruang kotor	Pembersihan setelah 3 tahun	Kd	0.6

Besarnya koefisien depresiasi biasanya ditentukan berdasarkan estimasi. Untuk ruangan dan armatur dengan pemeliharaan yang baik pada umumnya koefisien depresiasi diambil sebesar 0.8.

2.2 Tinjauan Pustaka

Isna Habibie Prabowo (2015) dalam tugas akhir yang berjudul “*evaluasi kebutuhan energi pada ruang kelas dan administrasi jurusan teknik mesin ITS Surabaya dengan analisa beban pendingin dan sistem penerangan*”. Melakukan penelitian dengan menghitung beban pendinginan total untuk ruang kelas dan administrasi di jurusan teknik mesin ITS Surabaya. Hasil yang didapatkan dari penelitian adalah perbandingan intensitas pencahayaan, perbandingan daya

pencahayaannya dan perbandingan total beban pendinginan dengan kapasitas AC (Air Conditioner) terpasang pada seluruh ruangan sehingga dapat diketahui kenyamanan, peluang penghematan serta rekomendasi. Ruangan yang memiliki sistem penerangan yang nyaman menurut standar SNI-03-6197-2000 yaitu ruang A301B, C115, C116, C117, C119, C120. Ruangan yang memiliki sistem pengkondisian udara yang nyaman yaitu ruang A210A, A210B, A301, A301D, C118, C121, administrasi. Peluang penghematan sistem penerangan didapatkan dengan penggunaan tipe lampu Philips LED bulb 14 watt yang mampu menghemat Rp. 19.116.783,72 setiap tahun. Sedangkan peluang penghematan sistem pengkondisian udara didapatkan dengan penggantian *refrigerant* R22 dengan *musicool* MC22 yang mampu menghemat Rp. 41.035.869,49 setiap tahun dan penghematan oleh pengurangan beban pendinginan dengan penggantian tipe kaca *single glass* menjadi tipe *double glass* dengan tirai adalah sebesar 30094,33 Btu/hr.

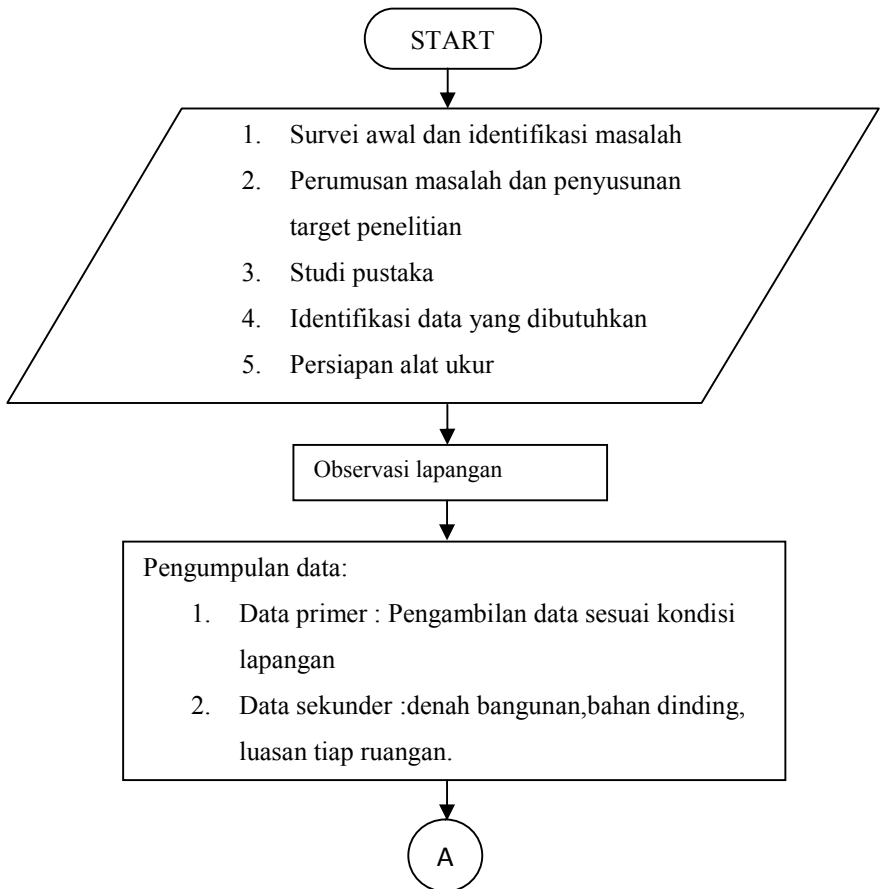
Dwina Azizah S.N (2015) dalam tugas akhirnya yang berjudul "*evaluasi peluang penghematan energi pada lantai ground gedung mall CDE di Surabaya dengan analisa sistem penerangan dan beban pendinginan*", melakukan penelitian untuk konservasi energi dengan audit energi yang meliputi energi listrik dan beban pendinginan. Setelah dilakukan audit energi diperoleh besarnya pemakaian energi dari masing-masing tenant pada lantai ground mall CDE Surabaya. Tenant yang intensitas sistem penerangannya nyaman dan hemat daya menurut standar SNI 03-6197-2000 sebelum rekomendasi hanya ada delapan dari dua puluh tiga tenant yang di audit. Untuk tenant yang intensitas sistem penerangannya masih lebih kecil dari standar, tidak mungkin apabila dilakukan penambahan titik lampu baru karena hal tersebut akan merubah instalasi yang ada. Solusi yang dapat dilakukan

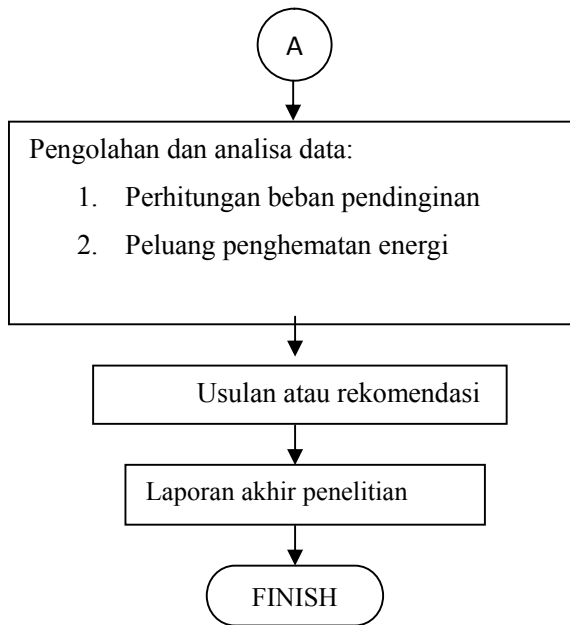
adalah dengan mengganti lampu lama dengan lampu baru dengan lumen yang lebih besar namun daya yang lebih kecil. Dalam hal ini untuk lampu rekomendasi menggunakan lampu LED. Setelah diberikan rekomendasi penggantian lampu, seluruh tenant sistem penerangannya sudah nyaman intensitas dan hemat daya menurut standar . Penghematan sistem penerangan setelah dilakukan penggantian lampu yaitu mampu menghemat 121351 kwh/tahun atau setara dengan Rp 184,968,052 setiap tahun. Untuk hasil audit energi dari sistem pendinginan yang sistem pengkondisian udaranya nyaman sebelum rekomendasi adalah 22 tenant, kecuali Tenant Donini pada saat weekday pukul 20:00 dan pada saat weekend pukul 15:00 dan pukul 20:00 WIB. Untuk menurunkan beban pendinginan dilakukan rekomendasi dengan mengganti kaca *single glass* dengan *double glass*. Setelah dilakukan rekomendasi seluruh tenant di Lantai Ground Mall CDE Surabaya pada saat weekday sudah nyaman. Sedangkan pada saat weekend pukul 15:00 dan pukul 20:00 Tenant Donini belum nyaman. penurunan beban pendinginan dari seluruh Tenant di Lantai Ground Mall CDE Surabaya yang didapat setelah melakukan penggantian kaca double glass dan penggantian lampu yaitu sebesar 917224.53 Btu/hr, sehingga mampu menghemat sebesar Rp 1,943,698,698 setiap tahun.

BAB III METODOLOGI PERCOBAAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

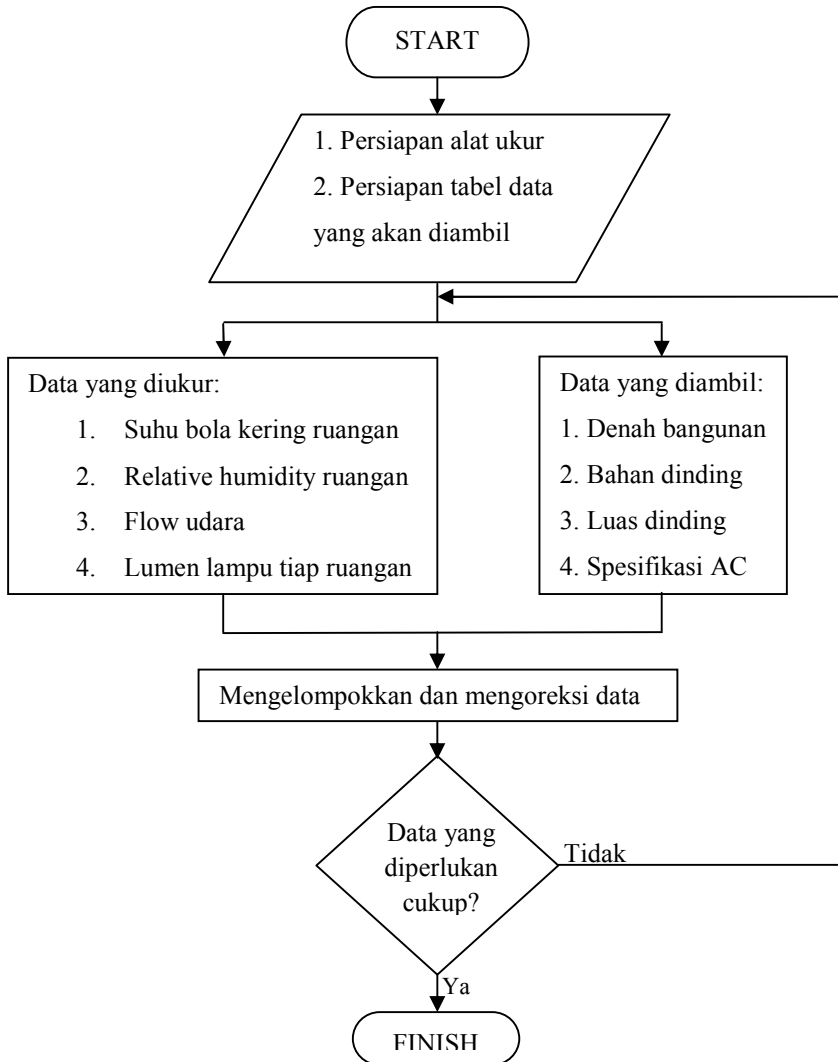
Langkah-langkah penelitian pada Tugas Akhir ini mengikuti diagram alir yang ditunjukkan pada gambar 3.1.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Diagram Alir Pengambilan Data



Gambar 3.2 Diagram Alir Pengambilan Data

3.3 Langkah-Langkah Penelitian

3.3.1 Persiapan awal

Dalam penyusunan laporan penelitian ini, langkah awal yang dilakukan adalah membuat perumusan masalah. Melalui perumusan masalah penulis dapat menentukan tema atau topik dari tugas akhir ini yakni evaluasi peluang penghematan energi pada lantai IV dan VI Universitas XYZ. Setelah tema terbentuk kemudian membentuk kerangka dalam menyusun rencana penyelesaian termasuk merancang metode atau teknik pendekatan yang tepat untuk digunakan sebagai langkah – langkah dalam penelitian.

Pada penelitian tentang evaluasi peluang penghematan energi pada lantai IV dan VI Universitas XYZ ini, untuk memperoleh dasar dalam menganalisa data penulis dapatkan dari studi literatur. Dalam studi literatur ini akan dipelajari buku-buku yang menjadi referensi tentang pengkondisian udara beserta standarisasinya, dan perencanaan instalasi saluran udara. Referensi ini didapatkan dari perusahaan ataupun literatur dari mata kuliah yang berhubungan dengan tujuan pengambilan data tugas akhir ini.

3.3.2 Peralatan

Dalam pengambilan data diperlukan peralatan – peralatan yang mendukung untuk memperoleh data penelitian. Adapun peralatan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

- a. *Environmental meter EN300*



Gambar 3.3 *Environmental meter*

Alat ukur dengan fungsi dan spesifikasi sebagai berikut:

- Mampu mengukur kecepatan udara, *humidity*, *light*, temperatur dan *sound level*
 - *Humidity* maksimum 80%RH
 - Temperatur 0 - 50°C
 - Dimensi 248 x 70 x 34 mm
- b. *Laser Distance Meter DT300*



Gambar 3.4 *Laser distance meter*

Merupakan alat untuk mengukur jarak dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Jarak ukur 0.05 m sampai 50 m
 - Mampu mengukur luas hingga 999.99 m²
 - Mampu mengukur volume hingga 999.99 m³
 - Tingkat akurasi ± 1.5 mm
 - Dimensi 115 x 48 x 28mm
- c. *Infrared thermometer fluke model 65*



Gambar 3.5 *Infrared thermometer*

Alat ukur dengan fungsi dan spesifikasi sebagai berikut:

- Mampu mengukur temperatur dengan range -40°C sampai 500°C
- *Response time 0.8 second*
- Akurasi : dibawah $0^{\circ}\text{C} : \pm 5^{\circ}\text{C}$
diatas $0^{\circ}\text{C} : \pm 2^{\circ}\text{C}$
diatas $100^{\circ}\text{C} : \pm 2\%$ dari temperatur terbaca
- Dimensi : 38.1 mm x 63.5 mm x 185.4 mm
- Berat : 283.5 gram

3.3.3. Kondisi Bangunan

3.3.3.1 Jenis dan Keterangan Bangunan

Bangunan dalam penelitian ini adalah gedung kampus yang digunakan sebagai pusat belajar dan mengajar dengan nama Universitas XYZ. Bangunan Universitas terdiri atas tiga belas lantai.

3.3.3.2 Letak dan Posisi Bangunan

Bangunan terletak di kota Jakarta Propinsi DKI Jakarta. Bagian depan bangunan menghadap ke barat dan bagian belakang menghadap timur. Letak geografis dari gedung adalah $6^{\circ}10'09,8''$ LS dan $106^{\circ}52'12,4''$ BT

3.3.3.3 Kondisi Ruang

Jumlah ruang di Universitas XYZ pada lantai IV yaitu 20 ruangan ditambah 33 ruangan di lantai VI. Berikut adalah luas ruang yang dikondisikan:

Tabel 3.1 Luas tiap ruang pada lantai IV dan VI Universitas XYZ

No	Ruang	Luas	
		(m ²)	(ft ²)
Lantai IV			
1	Perpustakaan Cetak	374,22	1227,75
2	Ruang Kuliah 1	66,44	217,98
3	Ruang Kuliah 2	56,91	186,71
4	Ruang Kuliah 3	66,44	217,98

5	Ruang Kuliah 4	56,91	186,71
6	Ruang Kuliah 5	66,44	217,98
7	Ruang Kuliah 6	56,91	186,71
8	Ruang Kuliah 7	66,44	217,98
9	Laboratorium Bio Kimia	283,06	928,67
10	Ruang Koordinator P2M Akutansi	16,61	54,5
11	Ruang Dosen	41,57	136,38
12	Ruang Wakil Dekan 1	37,07	121,62
13	Ruang Wakil Dekan 2	29,07	95,37
14	Ruang Wakil Dekan 3	28,66	94,03
15	Ruang Dekan	37,52	123,1
16	Ruang Tunggu Dekanat	30,25	99,24
17	Ruang Rapat	53,88	176,77
18	Ruang Koordinator P2M Manajemen	17,16	56,3
19	Ruang Tamu	108,08	354,6
20	Koridor	469,175	1539,29
Lantai VI			
21	Ruang Dosen 1	125,58	412,01
22	Ruang Kuliah 1	66,44	217,98
23	Ruang Kuliah 2	56,91	186,71
24	Ruang Kuliah 3	66,44	217,98
25	Ruang Kuliah 4	56,91	186,71
26	Ruang Kuliah 5	66,44	217,98
27	Ruang Kuliah 6	56,91	186,71
28	Ruang Kuliah 7	66,44	217,98
29	Laboratorium Fisiologi	283,06	928,67
30	Ruang Dosen 2	41,57	136,38
31	Ruang Wakil Dekan 1	37,07	121,62
32	Ruang Wakil Dekan 2	29,07	95,37
33	Ruang Wakil Dekan 3	28,66	94,03
34	Ruang Dekan	37,52	123,1
35	Ruang Tunggu Dekanat	30,25	99,25
36	Ruang Rapat	53,88	176,77
37	Ruang Penelitian Pengembangan dan Terapan Psikologi Kesehatan	17,16	56,3
38	Ruang Pusat Psikometri Terapan	16,61	54,5

39	Ruang Tamu	108,08	354,6
40	Koridor	469,175	1539,29
41	Laboratorium Eksperimen	65,88	216,14
42	Laboratorium Pengembangan Anak	28,4	93,17
43	Ruang Konsultasi	10,38	34,06
44	Ruang Tunggu Konsultasi	15,6	51,18
45	Laboratorium Observasi dan Wawancara	52,55	172,43
46	Ruang Monitoring	27,45	90,06
47	Ruang Audiovisual	55,06	180,64

3.3.3.4 Temperatur Luar Gedung

Berdasarkan data-data yang diperoleh dari BMKG, kondisi umum untuk wilayah kota Jakarta adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 Kondisi Udara Luar

Uraian	Keterangan
Temperatur udara luar	33 °C
Relative Humidity (kelembaban relative)	75 %

Sedangkan untuk ruangan didesain dengan temperatur udara 24°C dan kelembaban relatif sebesar 50 - 60% yang sesuai dengan comfort zone dari ASHRAE

3.4 Data Hasil Survey

Setelah dilakukan *survey* pada Universitas XYZ diperoleh data-data sebagai berikut:

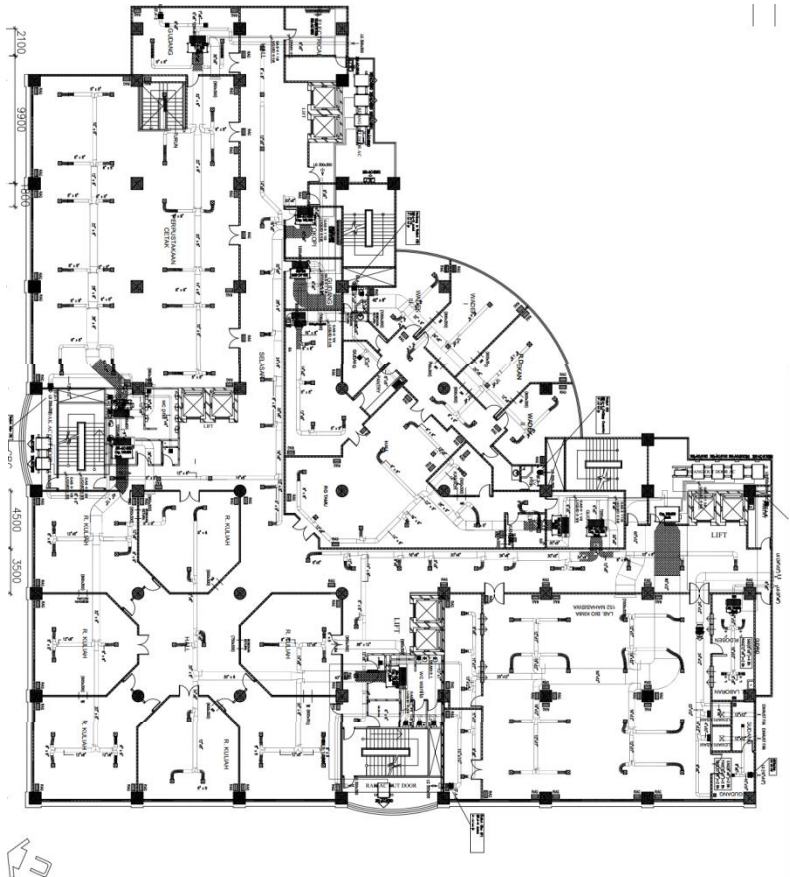
3.4.1 Data Umum

- Objek Penelitian : area kampus lantai IV dan lantai VI
- Fungsi Gedung : Sarana Pendidikan
- Letak Geografis : 6°10'09,8" LS dan 106°52'12.4" BT
- Jenis Kaca : Single Glass
- Jarak Lantai -Atap : ±3,0 meter

- Jam Kerja : 07.00-18.00 WIB

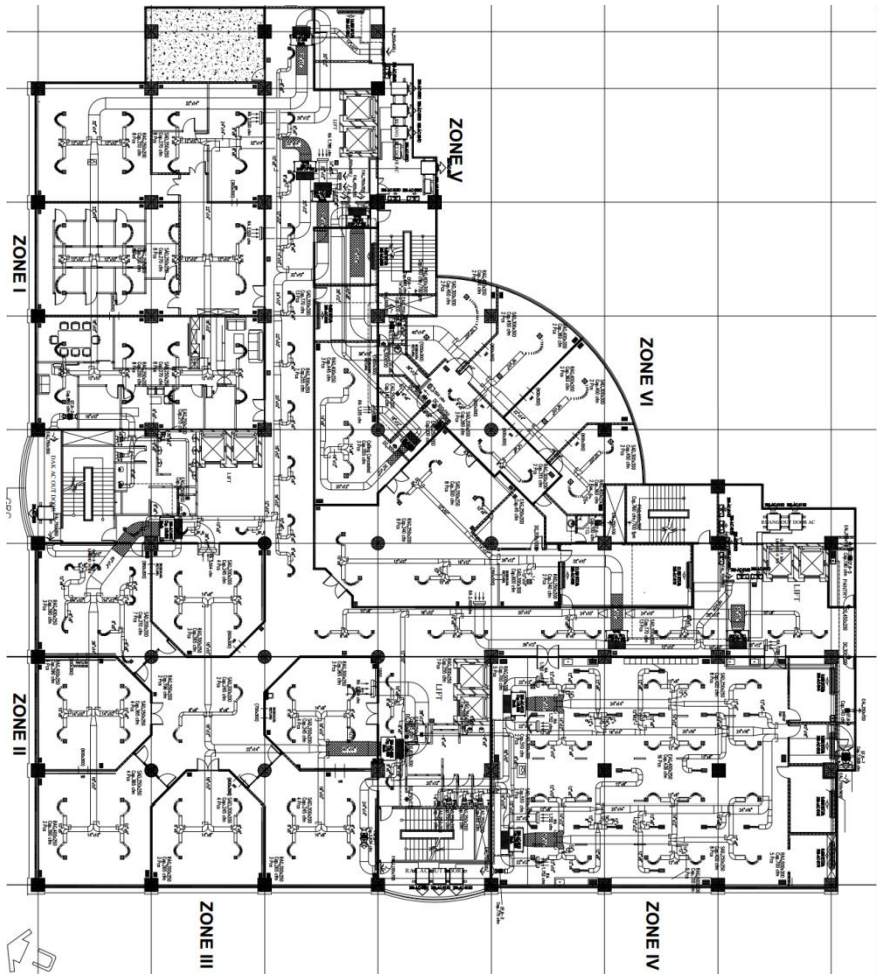
3.4.2 Denah

3.4.2.1 Denah Lantai IV



Gambar 3.6 Sistem HVAC lantai IV Universitas XYZ

3.4.2.2 Denah Lantai VI



Gambar 3.7 Sistem HVAC lantai VI Universitas XYZ

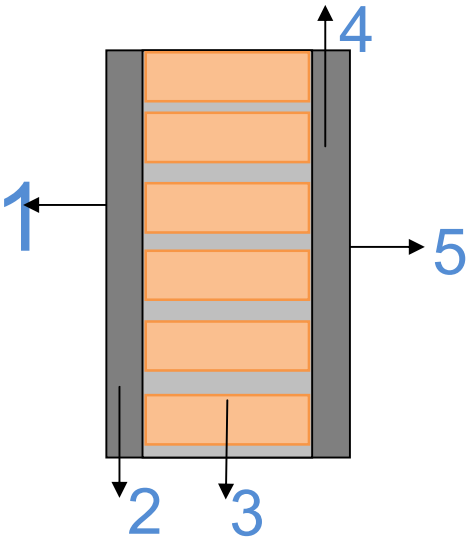
3.4.3 Data Konstruksi

3.4.3.1 Atap

Karena terletak pada lantai IV dan lantai VI maka tidak ada atap yang terkena matahari.

3.4.3.2 Dinding

Jenis dinding pada Universitas XYZ ada tiga jenis, yakni jenis dinding D1 dan D2. Yang membedakan antara dinding D1 dan D2 hanya tebal dari bata yang digunakan, Konstruksi dinding seperti gambar berikut:



Gambar 3.8 Konstruksi dinding D1 dan D2

Tabel 3.3 Konstruksi Bahan Dinding 1 (D1)

No.	Bahan	R (hr.ft ² .°F)/Btu
1	Outside surface resistance	0,17
2	Cement plaster, sand aggregate 0,6 in	0,12
3	Common brick 8 in	1,6

4	Cement plaster, sand aggregate 0,6 in	0,12
5	Inside surface resistance	0,68
TOTAL		2,69
Nilai U (Btu/hr.ft ² .°F)		0,372

Tabel 3.4 Konstruksi Bahan Dinding 2 (D2)

No.	Bahan	R (hr.ft ² .°F)/Btu
1	Outside surface resistance	0,68
2	Cement plaster, sand aggregate 0,6 in	0,12
3	Common brick 4in	0,8
4	Cement plaster, sand aggregate 0,6 in	0,12
5	Inside surface resistance	0,68
TOTAL		2,4
Nilai U (Btu/hr.ft ² .°F)		0,417

Luas dinding tiap ruangan pada Universitas XYZ sebagai berikut:

Tabel 3.5 Luas Dinding tiap ruangan pada Lantai IV dan VI Universitas XYZ

No	Ruangan	Posisi	Panjang (ft)	Tinggi (ft)	Luas Dinding (ft ²)	Jenis dinding
Lantai IV						
1	Perpustakaan Cetak	NW	78,74	9,186	525,661	D1
		NW	33,465	5,906	197,644	Kaca
		NW	13,78	9,186	126,583	D2
		NE	26,247	9,186	241,105	D1
		NE	26,247	9,186	195,827	D2
		SE	92,52	9,186	714,055	D2
2	Ruang Kuliah 1	SW	52,49	9,186	482,173	D2
		NW	18,045	9,186	165,761	D2
		NE	26,247	9,186	195,827	D2
		SE	18,045	9,186	165,761	D2
		S	11,483	9,186	105,483	D2
		SW	9,842	9,186	90,409	D2
		W	11,483	9,186	105,483	D2

3	Ruang Kuliah 2	NW	26,247	9,186	175,23	D1
		NW	11,154	5,906	65,875	Kaca
		NE	26,247	9,186	218,473	D2
		E	5,91	9,186	54,289	D2
		SE	18,045	9,186	165,761	D2
		S	11,155	9,186	57,192	D2
		SW	18,045	9,186	165,761	D2
		W	5,91	9,186	54,289	D2
4	Ruang Kuliah 3	NW	26,247	9,186	175,23	D1
		NW	11,154	5,906	65,875	Kaca
		NE	18,045	9,186	165,761	D2
		E	11,483	9,186	105,483	D2
		SE	9,842	9,186	45,131	D2
		S	11,483	9,186	105,483	D2
		SW	18,045	9,186	165,761	D2
5	Ruang Kuliah 4	NW	26,247	9,186	175,23	D1
		NW	11,154	5,906	65,875	Kaca
		N	5,91	9,186	54,289	D2
		NE	18,045	9,186	165,761	D2
		E	11,155	9,186	57,192	D2
		SE	18,045	9,186	165,761	D2
		S	5,91	9,186	54,289	D2
		SW	26,247	9,186	175,23	D1
		SW	11,154	5,906	65,875	Kaca
6	Ruang Kuliah 5	NW	18,045	9,186	165,761	D2
		N	11,483	9,186	105,483	D2
		NE	9,842	9,186	45,131	D2
		E	11,483	9,186	105,483	D2
		SE	18,045	9,186	165,761	D2
		SW	26,247	9,186	175,23	D1
		SW	11,154	5,906	65,875	Kaca
7	Ruang Kuliah 6	NW	18,045	9,186	165,761	D2
		N	11,155	9,186	57,192	D2
		NE	18,045	9,186	165,761	D2
		E	5,91	9,186	54,289	D2
		SE	26,247	9,186	218,473	D2
		SW	26,247	9,186	175,23	D1
		SW	11,154	5,906	65,875	Kaca
		W	11,155	9,186	102,47	D2

8	Ruang Kuliah 7	NW	9,842	9,186	90,409	D2
		N	11,483	9,186	105,483	D2
		NE	18,045	9,186	165,761	D2
		SE	26,247	9,186	195,827	D2
		SW	26,247	9,186	241,105	D2
		W	11,483	9,186	105,483	D2
9	Laboratorium Bio Kimia	NW	52,493	9,186	482,2	D2
		NE	59,055	9,186	542,48	D2
		SE	52,493	9,186	482,2	D2
		SW	59,055	9,186	368,1	D1
		SW	29,527	5,906	174,386	Kaca
10	Ruang Koordinator P2M Akutansi	NW	14,436	9,186	86,191	D2
		NW	5,577	4,265	23,786	Kaca
		NE	12,795	9,186	117,535	D2
		SE	14,436	9,186	132,61	D2
		SW	12,795	9,186	117,535	D2
11	Ruang Dosen	NW	17,06	9,186	156,713	D1
		NE	27,231	9,186	250,144	D1
		SE	17,06	9,186	111,435	D2
		SW	27,231	9,186	250,144	D2
12	Ruang Wakil Dekan 1	NW	11,483	9,186	105,483	D2
		N	12,795	9,186	117,535	D2
		E	22,638	9,186	66,85	D1
		E	22,638	6,233	141,103	Kaca
		S	25,59	9,186	235,07	D2
		W	14,436	9,186	109,977	D2
13	Ruang Wakil Dekan 2	N	19,029	9,186	174,8	D2
		NE	10,827	9,186	99,456	D2
		SE	13,779	9,186	46,822	D1
		SE	7,218	9,186	66,304	D2
		SE	12,795	6,233	79,751	Kaca
		SW	18,373	9,186	168,774	D2
		W	10,498	9,186	73,802	D2
14	Ruang Wakil Dekan 3	NW	18,701	9,186	171,787	D2
		NE	6,89	9,186	63,291	D2
		E	14,107	9,186	51,88	D1
		E	12,467	6,233	77,707	Kaca
		SE	11,483	9,186	105,483	D2
		SW	18,044	9,186	165,752	D2
		W	11,483	9,186	82,851	D2

15	Ruang Dekan	NW	14,436	9,186	132,609	D2
		N	25,918	9,186	238,083	D2
		E	22,31	9,186	65,881	D1
		E	22,31	6,233	139,058	Kaca
		SW	13,123	9,186	120,548	D2
		W	10,827	9,186	76,825	D2
16	Ruang Tunggu Dekanat	NE	10,827	9,186	76,825	D2
		E	37,73	9,186	256,06	D2
		SW	10,827	9,186	76,825	D2
		W	37,73	9,186	256,05	D2
17	Ruang Rapat	NW	37,073	9,186	340,553	D2
		NE	14,436	9,186	132,609	D2
		E	8,53	9,186	55,724	D2
		SE	23,294	9,186	213,979	D2
		SW	10,499	9,186	51,166	D2
18	Ruang Koordinator P2M Manajemen	NW	14,436	9,186	103,223	D2
		NW	6,89	4,265	29,386	Kaca
		NE	14,436	9,186	132,609	D2
		SE	14,436	9,186	132,609	D2
		SW	14,436	9,186	132,609	D2
19	Ruang Tamu	NW	19,685	9,186	180,826	D2
		NE	45,276	9,186	347,995	D2
		E	26,247	9,186	195,827	D2
		SE	10,827	9,186	54,179	D2
		S	14,764	9,186	135,622	D2
		SW	48,228	9,186	443,022	D2
		W	9,186	9,186	10,679	D2
		W	4,593	6,189	28,426	Kaca
Lantai VI						
20	Ruang Dosen 1	NW	26,247	9,186	175,223	D1
		NW	11,155	5,906	65,881	Kaca
		NE	52,493	9,186	482,2	D2
		SE	26,247	9,186	195,83	D2
		SW	52,493	9,186	482,2	D2
21	Ruang Kuliah 1	NW	18,045	9,186	165,761	D2
		NE	26,247	9,186	195,827	D2
		SE	18,045	9,186	165,761	D2
		S	11,483	9,186	105,483	D2
		SW	9,842	9,186	90,409	D2
		W	11,483	9,186	105,483	D2

22	Ruang Kuliah 2	NW	26,247	9,186	175,23	D1
		NW	11,154	5,906	65,875	Kaca
		NE	26,247	9,186	218,473	D2
		E	5,91	9,186	54,289	D2
		SE	18,045	9,186	165,761	D2
		S	11,155	9,186	57,192	D2
		SW	18,045	9,186	165,761	D2
		W	5,91	9,186	54,289	D2
23	Ruang Kuliah 3	NW	26,247	9,186	175,23	D1
		NW	11,154	5,906	65,875	Kaca
		NE	18,045	9,186	165,761	D2
		E	11,483	9,186	105,483	D2
		SE	9,842	9,186	45,131	D2
		S	11,483	9,186	105,483	D2
		SW	18,045	9,186	165,761	D2
24	Ruang Kuliah 4	NW	26,247	9,186	175,23	D1
		NW	11,154	5,906	65,875	Kaca
		N	5,91	9,186	54,289	D2
		NE	18,045	9,186	165,761	D2
		E	11,155	9,186	57,192	D2
		SE	18,045	9,186	165,761	D2
		S	5,91	9,186	54,289	D2
		SW	26,247	9,186	175,23	D1
25	Ruang Kuliah 5	SW	11,154	5,906	65,875	Kaca
		NW	18,045	9,186	165,761	D2
		N	11,483	9,186	105,483	D2
		NE	9,842	9,186	45,131	D2
		E	11,483	9,186	105,483	D2
		SE	18,045	9,186	165,761	D2
		SW	26,247	9,186	175,23	D1
		SW	11,154	5,906	65,875	Kaca
26	Ruang Kuliah 6	NW	18,045	9,186	165,761	D2
		N	11,155	9,186	57,192	D2
		NE	18,045	9,186	165,761	D2
		E	5,91	9,186	54,289	D2
		SE	26,247	9,186	218,473	D2
		SW	26,247	9,186	175,23	D1
		SW	11,154	5,906	65,875	Kaca
		W	11,155	9,186	102,47	D2
		NW	9,842	9,186	90,409	D2

27	Ruang Kuliah 7	N	11,483	9,186	105,483	D2
		NE	18,045	9,186	165,761	D2
		SE	26,247	9,186	195,827	D2
		SW	26,247	9,186	241,105	D2
		W	11,483	9,186	105,483	D2
28	Laboratorium Fisiologi	NW	52,493	9,186	482,2	D2
		NE	59,055	9,186	542,48	D2
		SE	52,493	9,186	482,2	D2
		SW	59,055	9,186	368,1	D1
		SW	29,527	5,906	174,386	Kaca
29	Ruang Pusat Psikometri Terapan	NW	14,436	9,186	86,191	D2
		NW	5,577	4,265	23,786	Kaca
		NE	12,795	9,186	117,535	D2
		SE	14,436	9,186	132,61	D2
		SW	12,795	9,186	117,535	D2
30	Ruang Dosen 2	NW	17,06	9,186	156,713	D1
		NE	27,231	9,186	250,144	D1
		SE	17,06	9,186	111,435	D2
		SW	27,231	9,186	250,144	D2
31	Ruang Wakil Dekan 1	NW	11,483	9,186	105,483	D2
		N	12,795	9,186	117,535	D2
		E	22,638	9,186	66,85	D1
		E	22,638	6,233	141,103	Kaca
		S	25,59	9,186	235,07	D2
		W	14,436	9,186	109,977	D2
32	Ruang Wakil Dekan 2	N	19,029	9,186	174,8	D2
		NE	10,827	9,186	99,456	D2
		SE	13,779	9,186	46,822	D1
		SE	7,218	9,186	66,304	D2
		SE	12,795	6,233	79,751	Kaca
		SW	18,373	9,186	168,774	D2
		W	10,498	9,186	73,802	D2
33	Ruang Wakil Dekan 3	NW	18,701	9,186	171,787	D2
		NE	6,89	9,186	63,291	D2
		E	14,107	9,186	51,88	D1
		E	12,467	6,233	77,707	Kaca
		SE	11,483	9,186	105,483	D2
		SW	18,044	9,186	165,752	D2
		W	11,483	9,186	82,851	D2
		NW	14,436	9,186	132,609	D2

34	Ruang Dekan	N	25,918	9,186	238,083	D2
		E	22,31	9,186	65,881	D1
		E	22,31	6,233	139,058	Kaca
		SW	13,123	9,186	120,548	D2
		W	10,827	9,186	76,825	D2
35	Ruang Tunggu Dekanat	NE	10,827	9,186	76,825	D2
		E	37,73	9,186	256,06	D2
		SW	10,827	9,186	76,825	D2
		W	37,73	9,186	256,05	D2
36	Ruang Rapat	NW	37,073	9,186	340,553	D2
		NE	14,436	9,186	132,609	D2
		E	8,53	9,186	55,724	D2
		SE	23,294	9,186	213,979	D2
		SW	10,499	9,186	51,166	D2
37	Ruang Penelitian Pengembangan dan Terapan Psikologi Kesehatan	NW	14,436	9,186	103,223	D2
		NW	6,89	4,265	29,386	Kaca
		NE	14,436	9,186	132,609	D2
		SE	14,436	9,186	132,609	D2
		SW	14,436	9,186	132,609	D2
38	Ruang Tamu	NW	19,685	9,186	180,826	D2
		NE	45,276	9,186	347,995	D2
		E	26,247	9,186	195,827	D2
		SE	10,827	9,186	54,179	D2
		S	14,764	9,186	135,622	D2
		SW	48,228	9,186	443,022	D2
		W	9,186	9,186	10,679	D2
		W	4,593	6,189	28,426	Kaca
39	Laboratorium Eksperimen	NW	26,247	9,186	175,223	D1
		NW	11,155	5,906	65,881	Kaca
		NE	26,247	9,186	241,105	D1
		NE	6,89	9,186	63,291	D2
		SE	26,247	9,186	211,719	D2
		SW	33,136	9,186	304,387	D2
40	Laboratorium Pengembangan Anak	NW	26,247	9,186	170,901	D2
		NW	8,53	5,577	47,572	Kaca
		NE	13,123	9,186	120,548	D2
		SE	26,247	9,186	241,105	D2
		SW	13,123	9,186	120,548	D2

41	Ruang Konsultasi	NW	9,186	9,186	84,383	D2
		NE	13,123	9,186	120,548	D2
		SE	9,186	9,186	60,597	D2
		SE	4,265	5,577	23,786	Kaca
		SW	13,123	9,186	97,916	D2
42	Ruang Tunggu Konsultasi	NW	12,795	9,186	117,535	D2
		NE	13,123	9,186	97,916	D2
		SE	12,795	9,186	71,117	D2
		SE	4,265	5,577	23,786	Kaca
		SW	13,123	9,186	91,162	D2
43	Laboratorium Observasi dan Wawancara	NW	26,247	9,186	241,105	D1
		NE	26,247	9,186	241,105	D2
		SE	8,202	9,186	75,343	D2
		SW	36,089	9,186	331,513	D2
44	Ruang Monitoring	NW	18,044	9,186	165,752	D2
		NE	9,842	9,186	90,408	D2
		SE	18,044	9,186	165,752	D2
		SW	9,842	9,186	67,776	D2
45	Ruang Audiovisual	NW	32,48	9,186	239,59	D2
		NE	19,685	9,186	151,44	D2
		SE	32,48	9,186	253,083	D2
		SW	19,685	9,186	180,826	D2

3.4.3.3 Pintu

Di lantai IV dan VI terdapat pintu *emergency exit* Universitas XYZ sebanyak dua pintu.

Tabel 3.6 Luas pintu masuk pada lantai IV dan VI Universitas XYZ

No.	Pintu	Luasan (ft ²)
1.	Emergency Exit Door	20,35

3.4.4 Beban Ruangan

Beban ruangan yang dikondisikan adalah beban dari luar (eksternal) dan beban dari dalam (internal). Beban eksternal adalah beban kalor yang melalui dinding kaca,

sedangkan beban internal adalah beban kalor dari orang, lampu, dan peralatan elektronik lainnya.

3.4.4.1. Beban Penghuni

Merupakan beban internal yang dihitung menurut jumlah civitas akademika yang mendatangi Universitas XYZ. Beban penghuni dihitung dari jumlah penghuni dan kegiatan yang dilakukan. Berikut adalah tabel penghuni Universitas XYZ

Tabel 3.7 Jumlah Penghuni rata-rata tiap ruangan di lantai IV dan VI Universitas XYZ

No	Ruangan	Penghuni		
		09:00	12:00	15:00
LANTAI IV				
1	Perpustakaan Cetak	4	3	3
2	Ruang Kuliah 1	37	48	41
3	Ruang Kuliah 2	34	43	48
4	Ruang Kuliah 3	39	45	43
5	Ruang Kuliah 4	42	47	39
6	Ruang Kuliah 5	36	42	39
7	Ruang Kuliah 6	38	45	48
8	Ruang Kuliah 7	43	46	39
9	Laboratorium Bio Kimia	74	78	75
10	Ruang Koordinator P2M Akutansi	2	3	4
11	Ruang Dosen	10	16	12
12	Ruang Wakil Dekan 1	3	5	2
13	Ruang Wakil Dekan 2	2	3	2
14	Ruang Wakil Dekan 3	2	4	2
15	Ruang Dekan	1	4	3
16	Ruang Tunggu Dekanat	3	6	4
17	Ruang Rapat	8	13	9
18	Ruang Koordinator P2M Manajemen	4	3	4
19	Ruang Tamu	10	15	8
20	Koridor	35	37	42
Lantai VI				
21	Ruang Dosen 1	9	13	13
22	Ruang Kuliah 1	45	43	48
23	Ruang Kuliah 2	39	43	48

24	Ruang Kuliah 3	39	45	43
25	Ruang Kuliah 4	41	43	39
26	Ruang Kuliah 5	46	42	38
27	Ruang Kuliah 6	46	45	48
28	Ruang Kuliah 7	43	46	39
29	Laboratorium Fisiologi	72	73	77
30	Ruang Dosen 2	10	15	13
31	Ruang Wakil Dekan 1	3	4	5
32	Ruang Wakil Dekan 2	3	5	2
33	Ruang Wakil Dekan 3	2	3	3
34	Ruang Dekan	2	4	2
35	Ruang Tunggu Dekanat	3	4	5
36	Ruang Rapat	9	12	10
37	Ruang Penelitian Pengembangan dan Terapan Psikologi Kesehatan	8	13	9
38	Ruang Pusat Psikometri Terapan	4	3	4
39	Ruang Tamu	10	15	8
40	Koridor	35	37	42
41	Laboratorium Eksperimen	10	11	8
42	Laboratorium Pengembangan Anak	4	6	7
43	Ruang Konsultasi	2	3	3
44	Ruang Tunggu Konsultasi	1	2	1
45	Laboratorium Observasi dan Wawancara	7	10	8
46	Ruang Monitoring	4	5	3
47	Ruang Audiovisual	11	9	12

3.4.4.2. Beban Lampu

Berikut adalah tabel jumlah lampu dan jenis lampu yang digunakan pada Universitas XYZ :

Tabel 3.8 Tabel Jumlah Lampu di Lantai IV dan VI
Universitas XYZ

No	Ruangan	Jenis Lampu	Daya (Watt)	Flux (Lumens)	Jumlah Lampu
Lantai IV					
1	Perpustakaan cetak	Philips TL-D	18	1025	228

2	Ruang Kuliah 1	Philips TL-D	18	1025	44
3	Ruang Kuliah 2	Philips TL-D	18	1025	44
4	Ruang Kuliah 3	Philips TL-D	18	1025	32
5	Ruang Kuliah 4	Philips TL-D	18	1025	36
6	Ruang Kuliah 5	Philips TL-D	18	1025	32
7	Ruang Kuliah 6	Philips TL-D	18	1025	36
8	Ruang Kuliah 7	Philips TL-D	18	1025	32
9	Laboratorium Bio Kimia	Philips TL-D	36	1600	168
10	Ruang Koordinator P2M Akutansi	Philips TL-D	36	1600	8
11	Ruang Dosen	Philips TL-D	36	1600	16
12	Ruang Wakil Dekan 1	Philips TL-D	36	1600	8
		Phillips Tornado	24	1450	5
13	Ruang Wakil Dekan 2	Philips TL-D	36	1600	8
		Phillips Tornado	24	1450	7
14	Ruang Wakil Dekan 3	Philips TL-D	36	1600	7
		Phillips Tornado	24	1450	8
15	Ruang Dekan	Philips TL-D	36	1600	8
		Phillips Light	18	920	5
16	Ruang Tunggu Dekanat	Phillips Tornado	24	1450	4
17	Ruang Rapat	Phillips Tornado	24	1450	9
		Phillips Light	18	905	5
18	Ruang Koordinator P2M Manajemen	Philips TL-D	36	1600	8
19	Ruang Tamu	Philips TL-D	36	1600	12
		Phillips Tornado	24	1450	8
		Phillips Light	18	905	11
20	Koridor	Phillips Tornado	24	1450	136
		Phillips Light	18	905	36

Lantai VI					
21	Ruang Dosen 1	Philips TL-D	36	1600	72
22	Ruang Kuliah 1	Philips TL-D	18	1025	44
23	Ruang Kuliah 2	Philips TL-D	18	1025	44
24	Ruang Kuliah 3	Philips TL-D	18	1025	32
25	Ruang Kuliah 4	Philips TL-D	18	1025	36
26	Ruang Kuliah 5	Philips TL-D	18	1025	32
27	Ruang Kuliah 6	Philips TL-D	18	1025	36
28	Ruang Kuliah 7	Philips TL-D	18	1025	32
29	Laboratorium Fisiologi	Philips TL-D	36	1600	168
30	Ruang Dosen 2	Philips TL-D	36	1600	16
31	Ruang Wakil Dekan 1	Philips TL-D	36	1600	8
		Phillips Tornado	24	1450	5
32	Ruang Wakil Dekan 2	Philips TL-D	36	1600	8
		Phillips Light	18	905	7
33	Ruang Wakil Dekan 3	Philips TL-D	36	1600	8
		Phillips Tornado	24	1450	7
34	Ruang Dekan	Philips TL-D	36	1600	8
		Phillips Tornado	24	1450	5
35	Ruang Tunggu Dekanat	Phillips Light	18	905	4
36	Ruang Rapat	Phillips Tornado	24	1450	5
		Phillips Light	18	905	9
37	Ruang Penelitian Pengembangan dan Terapan Psikologi Kesehatan	Philips TL-D	36	1600	8
38	Ruang Pusat Psikometri Terapan	Philips TL-D	36	1600	8
39	Ruang Tamu	Philips TL-D	36	1600	12
		Phillips Tornado	24	1450	11

		Phillips Light	18	905	8
40	Koridor	Phillips Tornado	24	1450	136
		Phillips Light	18	905	36
41	Laboratorium Eksperimen	Philips TL-D	36	1600	36
		Phillips Light	18	905	1
42	Laboratorium Pengembangan Anak	Philips TL-D	36	1600	20
43	Ruang Konsultasi	Philips TL-D	36	1600	8
44	Ruang Tunggu Konsultasi	Philips TL-D	36	1600	8
45	Laboratorium Observasi dan Wawancara	Phillips Light	18	905	15
46	Ruang Monitoring	Philips TL-D	36	1600	16
47	Ruang Audiovisual	Philips TL-D	36	1600	24

3.4.4.3 Beban Peralatan Elektronik

Berikut adalah peralatan elektronik yang digunakan tiap ruangan di lantai IV dan VI Universitas XYZ yang merupakan beban internal :

Tabel 3.9 Jumlah Peralatan Elektronik yang Digunakan tiap ruangan di lantai IV dan VI Universitas XYZ

No	Ruang	Peralatan Elektronik
Lantai IV		
1	Perpustakaan Cetak	Komputer(1)
2	Ruang Kuliah 1	Komputer(1),Proyektor (1)
3	Ruang Kuliah 2	Komputer(1),Proyektor (1)
4	Ruang Kuliah 3	Komputer(1),Proyektor (1)
5	Ruang Kuliah 4	Komputer(1),Proyektor (1)
6	Ruang Kuliah 5	Komputer(1),Proyektor (1)
7	Ruang Kuliah 6	Komputer(1),Proyektor (1)
8	Ruang Kuliah 7	Komputer(1),Proyektor (1)
9	Laboratorium Bio Kimia	Proyektor (1), Telepon (1)
10	Ruang Koordinator P2M Akutansi	Komputer(2), Telepon (1)
11	Ruang Dosen	Komputer(8), Telepon (8), Printer (1)
12	Ruang Wakil Dekan 1	Komputer(1), Telepon (1)

13	Ruang Wakil Dekan 2	Komputer(1), Telepon (1)
14	Ruang Wakil Dekan 3	Komputer(2), Telepon (1)
15	Ruang Dekan	Komputer(2), Telepon (1), Printer (1)
16	Ruang Tunggu Dekanat	Telepon (1)
17	Ruang Rapat	Komputer(1),Proyektor (1) , Telepon (1)
18	Ruang Koordinator P2M Manajemen	Komputer(2), Telepon (1)
19	Ruang Tamu	Komputer(3), Printer (1), Mesin Fotocopy (1), TV (1), Telepon (1)
Lantai VI		
20	Ruang Dosen 1	Komputer(8), Telepon (8)
21	Ruang Kuliah 1	Komputer(1),Proyektor (1)
22	Ruang Kuliah 2	Komputer(1),Proyektor (1)
23	Ruang Kuliah 3	Komputer(1),Proyektor (1)
24	Ruang Kuliah 4	Komputer(1),Proyektor (1)
25	Ruang Kuliah 5	Komputer(1),Proyektor (1)
26	Ruang Kuliah 6	Komputer(1),Proyektor (1)
27	Ruang Kuliah 7	Komputer(1),Proyektor (1)
28	Laboratorium Fisiologi	Proyektor (1), Telepon (1)
29	Ruang Dosen 2	Komputer(8), Telepon (8), Printer (1)
30	Ruang Wakil Dekan 1	Komputer(1), Telepon (1)
31	Ruang Wakil Dekan 2	Komputer(1), Telepon (1)
32	Ruang Wakil Dekan 3	Komputer(2), Telepon (1)
33	Ruang Dekan	Komputer(2), Telepon (1), Printer (1)
34	Ruang Tunggu Dekanat	Telepon (1)
35	Ruang Rapat	Komputer(1),Proyektor (1) , Telepon (1)
36	Ruang Penelitian Pengembangan dan Terapan Psikologi Kesehatan	Komputer(2), Telepon (1)
37	Ruang Pusat Psikometri Terapan	Komputer(2), Telepon (1)
38	Ruang Tamu	Komputer(3), Printer (1), Mesin Fotocopy (1), TV (1), Telepon (1)
39	Koridor	
40	Laboratorium Eksperimen	Komputer(4), Proyektor (1)
41	Ruang Konsultasi	
42	Ruang Tunggu Konsultasi	Telepon (1)
43	Ruang Monitoring	Komputer(6), Telepon (1)
44	Ruang Audiovisual	Komputer(10)

3.4 Metode Penelitian

Sesuai dengan dasar teori yang telah dibahas, beban pendinginan berasal dari bermacam - macam sumber. Untuk itu dibutuhkan beberapa data dimana data - data tersebut digunakan untuk proses perhitungan. Berikut ini akan dijelaskan masing – masing sumber yang berpengaruh terhadap beban pendinginan.

a. Manusia

Data yang diperlukan adalah jumlah orang dan aktivitas yang dilakukan dalam satu ruangan. Data diperoleh dari pihak manajemen.

b. Lampu

Data yang diperlukan adalah daya total dari lampu yang digunakan dalam satu ruangan. Untuk memperoleh data tersebut dapat dilakukan dengan pengamatan langsung.

c. Dinding

Data yang diperlukan adalah material dinding, ketebalan dinding, luas dinding, posisi dinding. Data ini diperoleh dengan pengukuran langsung dan komunikasi dua arah dengan pihak manajemen.

d. Lantai

Data yang diperlukan adalah material lantai, luasan lantai dan ketebalan lantai. Data ini diperoleh dengan pengamatan langsung dan komunikasi dua arah dengan pihak manajemen.

e. Atap

Data yang diperlukan adalah material dari atap dan ketebalannya. Data diperoleh dengan komunikasi dua arah dengan pihak manajemen.

f. Jendela

Data yang diperlukan adalah posisi jendela, tipe kaca, dan luasan jendela. Data ini dapat diperoleh dari hasil pengamatan langsung dan juga pengukuran.

g. Infiltrasi

Data yang diperlukan adalah perbedaan temperatur antara didalam gedung dan luar gedung. Data ini diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan termometer.

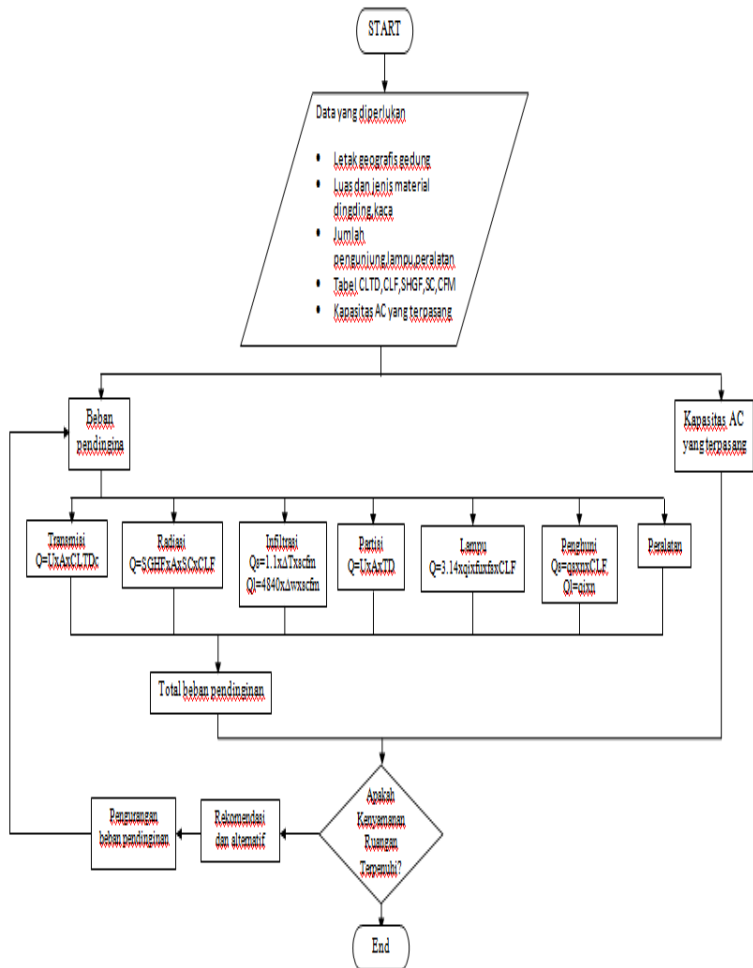
h. Ventilasi

Data yang diperlukan adalah jumlah udara di dalam gedung dan diluar gedung, kelembapan udara di dalam maupun di luar gedung. Data ini diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan higrometer.

Tingkat pendinginan untuk sistem pengkondisian udara di Universitas XYZ dibagi menjadi 3 berdasarkan beban pendinginan yang berbeda tiap hari dan tiap jamnya. Oleh karena itu dibuat 3 skenario untuk menghitung beban pendinginannya, yakni beban pada pukul 09.00 WIB, beban pada pukul 12.00 WIB, dan beban pada pukul 15.00 WIB.

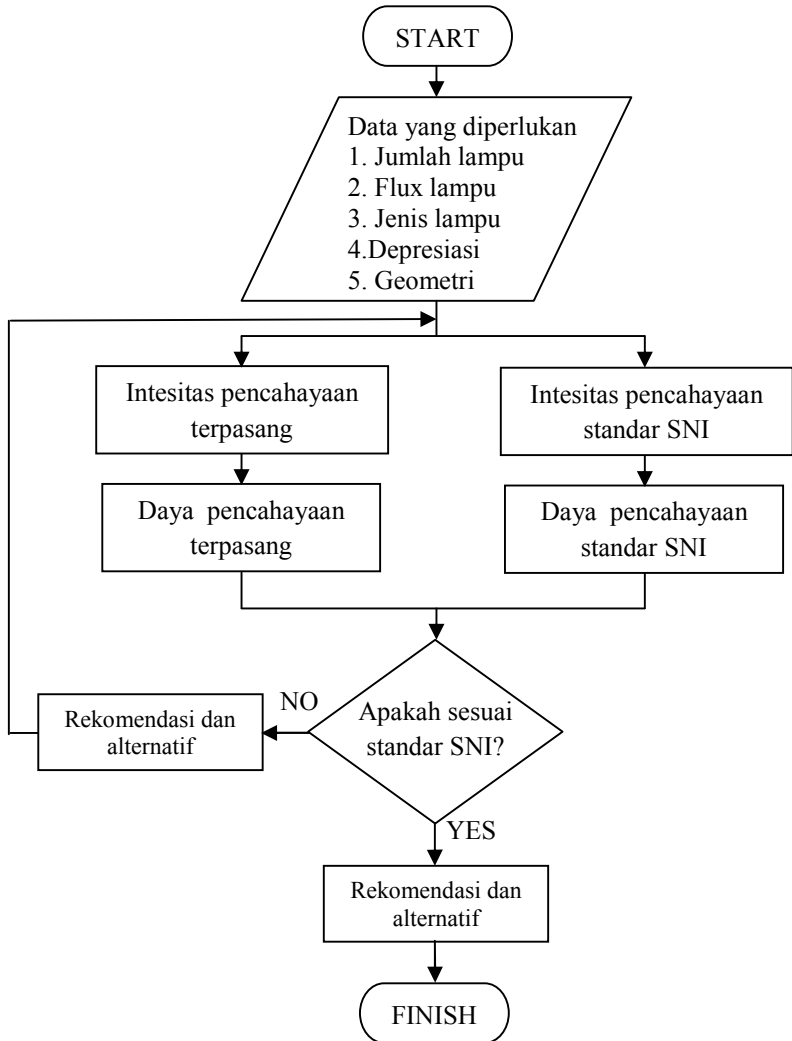
3.5 Diagram Alir Perhitungan

3.5.1 Diagram Alir Perhitungan Sistem Pendinginan



Gambar 3.9 Diagram alir perhitungan sistem pendinginan

3.5.2 Diagram alir perhitungan sistem penerangan



Gambar 3.10 Diagram alir perhitungan sistem penerangan

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

PERHITUNGAN DAN ANALISA

4.1. Perhitungan Beban Sistem Penerangan

4.1.1. Intensitas Dan Daya Pencahayaan Standar

Nilai intensitas pencahayaan standar mengacu pada SNI 03-6197-2000 yang bergantung dengan fungsi ruangan yang digunakan. Fungsi ruang pada lantai IV dan VI Universitas XYZ diperuntukkan antara lain untuk ruang kelas, laboratorium, ruang kerja untuk dosen, wakil dekan dan dekan, ruang rapat, dll. Adapun nilai intensitas pencahayaan rata-rata standar untuk beberapa fungsi ruang ditunjukkan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.1 Tingkat Pencahayaan rata-rata Standar sesuai SNI
03-6197-2000

Fungsi Ruang	Tingkat Pencahayaan (Lux)
Lembaga Pendidikan	
Ruang kelas	250
Perpustakaan	300
Laboratorium	500
Ruang gambar	750
Kantin	200
Perkantoran	
Ruang direktur	350
Ruang kerja	350
Ruang komputer	350
Ruang rapat	300
Ruang gambar	750
Ruang arsip	150
Ruang arsip aktif	300

Nilai daya pencahayaan maksimum mengacu pada SNI 03-6197-2000. Dimana nilai daya pencahayaan maksimum pada sekolah adalah 15 watt/m^2 . Berikut adalah tabel daya pencahayaan maksimum standar SNI.

Tabel 4.2 Daya Pencahayaan Maksimum Menurut SNI 03-6197-2000

Lokasi	Daya pencahayaan maksimum(W/m^2) (termasuk rugi-rugi balast)
Ruang kantor	15
Auditorium	25
Pasar swalayan	20
Restauran	25
Sekolah	15

4.1.2. Perbandingan Nilai Intensitas Pencahayaan

Pada ruang Perpustakaan cetak dilakukan 5 pembagian titik lokasi. Nilai intensitas pencahayaan diukur menggunakan alat ukur environmental meter pada kelima titik tersebut. Nilai intensitas pencahayaan yang didapatkan adalah besar nilai rata-rata dari kelima titik pada lokasi pengukuran.

Tabel 4.3

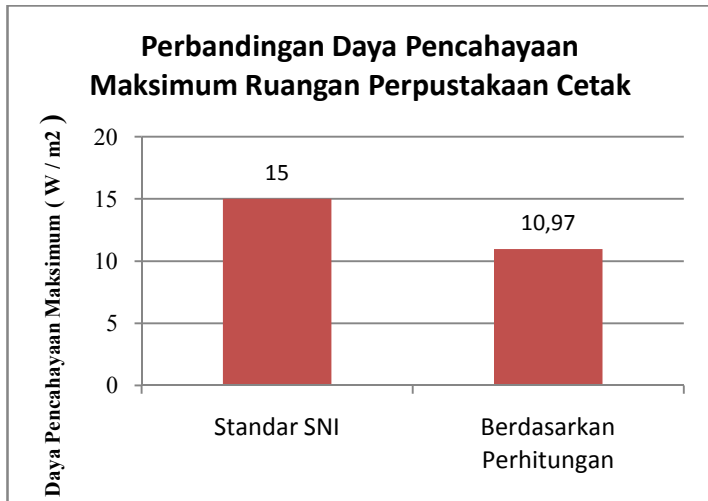
Ruang	Intensitas Pencahayaan rata-rata E, lux	
	Standar SNI	Hasil Pengukuran
Perpustakaan cetak	300	336

Berdasarkan tabel perbandingan nilai intensitas pencahayaan di atas dapat diketahui bahwa dari hasil pengukuran di lapangan, intensitas pencahayaan pada sistem penerangan ruangan Perpustakaan cetak sudah memenuhi kenyamanan sesuai standar SNI untuk Perpustakaan yaitu minimal 300 Lux.

4.1.3 Perbandingan Daya Pencahayaan Maksimum

Daya pencahayaan maksimum merupakan perbandingan antara total daya dengan luasan ruangan. Hasil perhitungan daya pencahayaan maksimum pada Perpustakaan cetak menunjukkan nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan daya pencahayaan maksimum berdasarkan standar SNI untuk sekolah. Adapun perbandingan daya pencahayaan

maksimum berdasarkan perhitungan dan standar SNI untuk sekolah adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Daya Pencahayaan Maksimum Perpustakaan cetak

Berdasarkan gambar 4.1 grafik perbandingan daya pencahayaan maksimum dapat diketahui bahwa konsumsi energi pada sistem penerangan Perpustakaan cetak sudah sesuai standar SNI untuk sekolah yaitu 15 W/m².

4.1.4 Analisa Sistem Penerangan pada Ruang Lantai IV dan VI Universitas XYZ

Setelah dilakukan pengukuran untuk sistem penerangan pada lantai IV dan VI Universitas XYZ, maka hasil intensitas pencahayaan dari tiap ruangan adalah sebagai berikut:

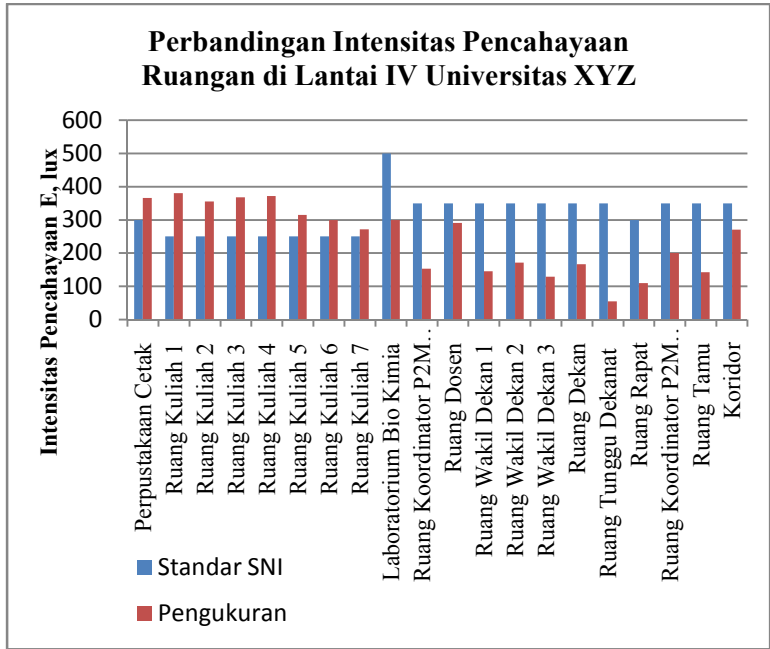
Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya dengan Standar SNI di Lantai IV dan VI Universitas XYZ

No	Ruangan	Intensitas Pencahayaan E, lux	Kenyamanan
----	---------	-------------------------------	------------

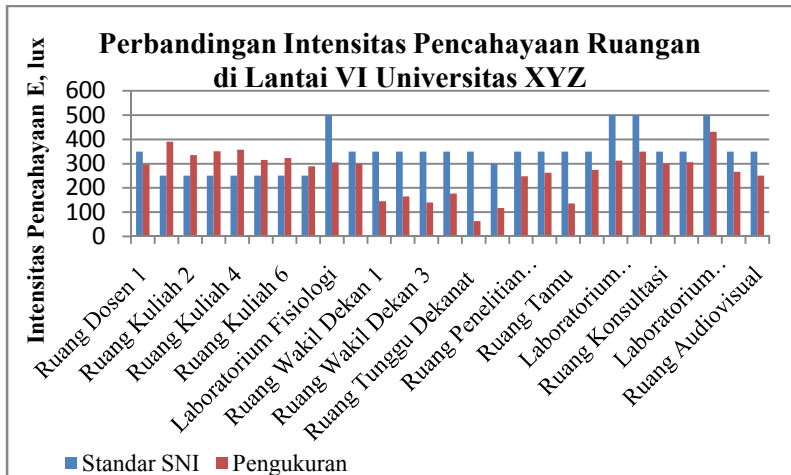
		SNI	Pengukuran	
Lantai IV				
1	Perpustakaan Cetak	300	366	Sudah
2	Ruang Kuliah 1	250	380	Sudah
3	Ruang Kuliah 2	250	355	Sudah
4	Ruang Kuliah 3	250	368	Sudah
5	Ruang Kuliah 4	250	372	Sudah
6	Ruang Kuliah 5	250	315	Sudah
7	Ruang Kuliah 6	250	300	Sudah
8	Ruang Kuliah 7	250	272	Sudah
9	Laboratorium Bio Kimia	500	300	Belum
10	Ruang Koordinator P2M Akutansi	350	153	Belum
11	Ruang Dosen	350	291	Belum
12	Ruang Wakil Dekan 1	350	145	Belum
13	Ruang Wakil Dekan 2	350	171	Belum
14	Ruang Wakil Dekan 3	350	129	Belum
15	Ruang Dekan	350	167	Belum
16	Ruang Tunggu Dekanat	350	55	Belum
17	Ruang Rapat	300	110	Belum
18	Ruang Koordinator P2M Manajemen	350	200	Belum
19	Ruang Tamu	350	143	Belum
20	Koridor	350	271	Belum
Lantai VI				
21	Ruang Dosen 1	350	297	Belum
22	Ruang Kuliah 1	250	390	Sudah
23	Ruang Kuliah 2	250	335	Sudah
24	Ruang Kuliah 3	250	351	Sudah
25	Ruang Kuliah 4	250	358	Sudah
26	Ruang Kuliah 5	250	315	Sudah
27	Ruang Kuliah 6	250	323	Sudah
28	Ruang Kuliah 7	250	289	Sudah
29	Laboratorium Fisiologi	500	304	Belum
30	Ruang Dosen 2	350	299	Belum
31	Ruang Wakil Dekan 1	350	145	Belum
32	Ruang Wakil Dekan 2	350	165	Belum
33	Ruang Wakil Dekan 3	350	140	Belum
34	Ruang Dekan	350	177	Belum
35	Ruang Tunggu Dekanat	350	63	Belum
36	Ruang Rapat	300	117	Belum
37	Ruang Penelitian Pengembangan dan Terapan Psikologi Kesehatan	350	248	Belum
38	Ruang Pusat Psikometri	350	263	Belum

	Terapan			
39	Ruang Tamu	350	136	Belum
40	Koridor	350	274	Belum
41	Laboratorium Eksperimen	500	312	Belum
42	Laboratorium Pengembangan Anak	500	350	Belum
43	Ruang Konsultasi	350	301	Belum
44	Ruang Tunggu Konsultasi	350	306	Belum
45	Laboratorium Observasi dan Wawancara	500	431	Belum
46	Ruang Monitoring	350	267	Belum
47	Ruang Audiovisual	350	251	Belum

Berdasarkan tabel 4.4 diketahui bahwa kenyamanan sistem penerangan dengan membandingkan nilai intensitas pencahayaan menggunakan alat ukur dengan nilai intensitas pencahayaan yang sesuai dengan standar SNI. Adapun grafik perbandingan nilai intensitas pencahayaan pada ruangan di Lantai IV dan VI Universitas XYZ adalah sebagai berikut:



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Intensitas Pencahayaan Ruangan di Lantai IV Universitas XYZ



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Intensitas Pencahayaan Ruangan di Lantai VI Universitas XYZ

Dari gambar 4.2 dan gambar 4.3 dapat disimpulkan bahwa hanya beberapa ruangan yang sistem pencahayaannya sudah nyaman sesuai dengan standar SNI. Ada lima belas ruangan yang sudah sesuai dengan standar SNI 03–6197–2000 yaitu Perpustakaan cetak, Ruang kelas 1-7 di lantai IV dan VI. Sedangkan sisanya yakni tiga puluh dua ruangan lainnya belum memenuhi standar SNI 03–6197–2000. Ruangan yang belum memenuhi standar pencahayaan akan menyebabkan ketidaknyamanan bagi *civitas akademik* sehingga perlu dilakukan peningkatan nilai intensitas pencahayaan.

4.1.4.1 Daya Pencahayaan Maksimum

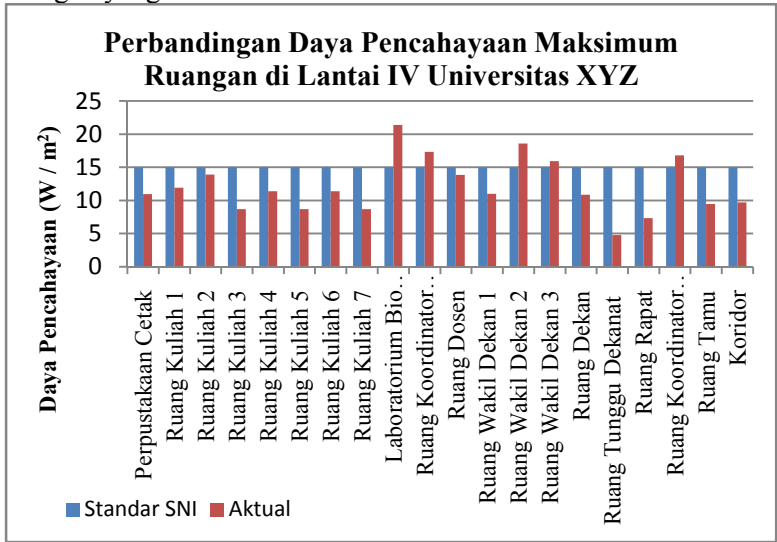
Analisa daya pencahayaan maksimum dilakukan dengan membandingkan antara daya pencahayaan maksimum standar pencahayaan berdasarkan SNI dengan daya pencahayaan secara teori (perhitungan). Adapun hasil perhitungan daya pencahayaan maksimum dari tiap ruangan di Lantai IV dan VI Universitas XYZ ditunjukkan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Daya Pencahayaan Maksimum Tiap Ruangan di Lantai IV dan VI Universitas XYZ

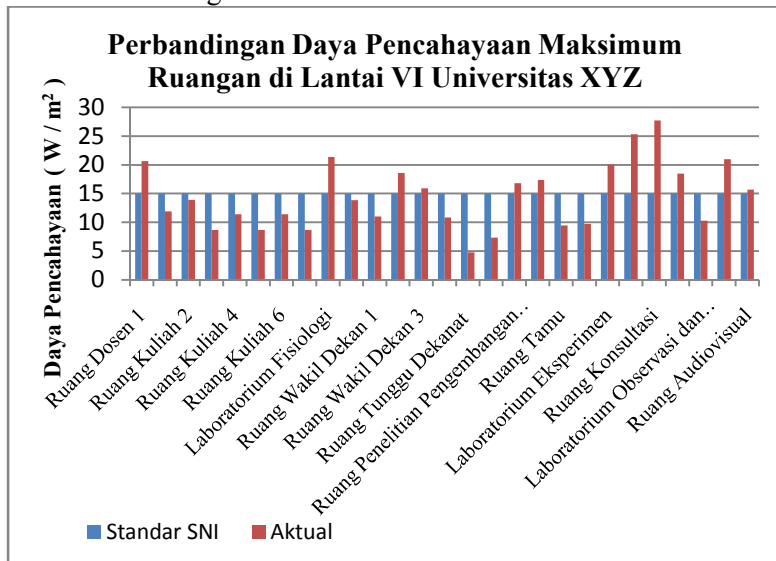
No.	Ruangan	Daya Pencahayaan Maksimum (W/m ²)	
		Standar SNI	Aktual
Lantai IV			
1	Perpustakaan Cetak	15	10,97
2	Ruang Kuliah 1	15	11,92
3	Ruang Kuliah 2	15	13,92
4	Ruang Kuliah 3	15	8,67
5	Ruang Kuliah 4	15	11,39
6	Ruang Kuliah 5	15	8,67
7	Ruang Kuliah 6	15	11,39
8	Ruang Kuliah 7	15	8,67
9	Laboratorium Bio Kimia	15	21,37
10	Ruang Koordinator P2M Akutansi	15	17,34
11	Ruang Dosen	15	13,86
12	Ruang Wakil Dekan 1	15	11,01
13	Ruang Wakil Dekan 2	15	18,58
14	Ruang Wakil Dekan 3	15	15,91
15	Ruang Dekan	15	10,87
16	Ruang Tunggu Dekanat	15	4,76
17	Ruang Rapat	15	7,35
18	Ruang Koordinator P2M Manajemen	15	16,78
19	Ruang Tamu	15	9,44
20	Koridor	15	9,72
Lantai VI			
21	Ruang Dosen 1	15	20,64
22	Ruang Kuliah 1	15	11,92
23	Ruang Kuliah 2	15	13,92
24	Ruang Kuliah 3	15	8,67
25	Ruang Kuliah 4	15	11,39
26	Ruang Kuliah 5	15	8,67
27	Ruang Kuliah 6	15	11,39
28	Ruang Kuliah 7	15	8,67
29	Laboratorium Fisiologi	15	21,37
30	Ruang Dosen 2	15	13,86
31	Ruang Wakil Dekan 1	15	11,01
32	Ruang Wakil Dekan 2	15	18,58
33	Ruang Wakil Dekan 3	15	15,91
34	Ruang Dekan	15	10,87
35	Ruang Tunggu Dekanat	15	4,76
36	Ruang Rapat	15	7,35
37	Ruang Penelitian Pengembangan dan	15	16,78

	Terapan Psikologi Kesehatan		
38	Ruang Pusat Psikometri Terapan	15	17,34
39	Ruang Tamu	15	9,44
40	Koridor	15	9,72
41	Laboratorium Eksperimen	15	20,04
42	Laboratorium Pengembangan Anak	15	25,35
43	Ruang Konsultasi	15	27,75
44	Ruang Tunggu Konsultasi	15	18,46
45	Laboratorium Observasi dan Wawancara	15	10,28
46	Ruang Monitoring	15	20,98
47	Ruang Audiovisual	15	15,69

Berdasarkan hasil perhitungan daya pencahayaan maksimum untuk ruangan di Lantai IV dan VI Universitas XYZ dapat diketahui peluang penghematan sistem penerangan yaitu dengan cara membandingkan nilai daya pencahayaan standar SNI dengan nilai daya pencahayaan teori (perhitungan). Dimana nilai daya standar SNI menjadi acuan untuk menyatakan peluang penghematan sistem penerangan. Berikut adalah grafik perbandingan nilai daya pencahayaan maksimum ruangan yang ada di Lantai IV dan VI Universitas XYZ.



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Daya Pencahayaan Maksimum Ruangan di Lantai IV Universitas XYZ



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Daya Pencahayaan Maksimum Ruangan di Lantai VI Universitas XYZ

Dari gambar 4.4 dan 4.5 grafik perbandingan daya pencahayaan maksimum ruangan yang ada di Lantai IV dan IV Universitas XYZ dapat diketahui bahwa ada tujuh belas ruangan yang konsumsi dayanya melebihi standar SNI. Ruangan yang melebihi standar SNI adalah ruangan Laboratorium Bio Kimia, Koordinator P2M Akutansi, Wakil Dekan 2 di lantai IV, Wakil Dekan 3 di lantai IV, Koordinator P2M Manajemen, Dosen 1, Laboratorium Fisiologi, Wakil Dekan 2 di lantai VI, Wakil Dekan 3 di lantai VI, Penelitian Pengembangan dan Terapan Psikologi Kesehatan, Pusat Psikometri Terapan, Laboratorium Eksperimen, Laboratorium Pengembangan Anak, Konsultasi, Tunggu Konsultasi, Monitoring, dan Audio Visual. Sedangkan ruangan yang lain

sudah sesuai dengan batas maksimum konsumsi daya menurut standar SNI yaitu untuk sekolah dan perkantoran yaitu 15 W/m^2 untuk kantor.

4.1.4.2 Kenyamanan dan Kehematan Daya Tiap di Lantai IV dan VI Ruang Universitas XYZ

Hasil perhitungan dan analisa sistem penerangan pada ruangan di Lantai IV dan VI Universitas XYZ ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4.6 Hasil Analisa Sistem Penerangan pada ruangan di Lantai IV dan VI Universitas XYZ

No.	Ruangan	Kenyamanan Intensitas Pencahayaan	Hemat Daya Pencahayaan
Lantai IV			
1	Perpustakaan Cetak	Sudah	Sudah
2	Ruang Kuliah 1	Sudah	Sudah
3	Ruang Kuliah 2	Sudah	Sudah
4	Ruang Kuliah 3	Sudah	Sudah
5	Ruang Kuliah 4	Sudah	Sudah
6	Ruang Kuliah 5	Sudah	Sudah
7	Ruang Kuliah 6	Sudah	Sudah
8	Ruang Kuliah 7	Sudah	Sudah
9	Laboratorium Bio Kimia	Belum	Belum
10	Ruang Koordinator P2M Akutansi	Belum	Belum
11	Ruang Dosen	Belum	Sudah
12	Ruang Wakil Dekan 1	Belum	Sudah
13	Ruang Wakil Dekan 2	Belum	Belum
14	Ruang Wakil Dekan 3	Belum	Belum
15	Ruang Dekan	Belum	Sudah
16	Ruang Tunggu Dekanat	Belum	Sudah
17	Ruang Rapat	Belum	Sudah
18	Ruang Koordinator P2M Manajemen	Belum	Belum
19	Ruang Tamu	Belum	Sudah
20	Koridor	Belum	Sudah
Lantai VI			
21	Ruang Dosen 1	Belum	Belum
22	Ruang Kuliah 1	Sudah	Sudah
23	Ruang Kuliah 2	Sudah	Sudah
24	Ruang Kuliah 3	Sudah	Sudah
25	Ruang Kuliah 4	Sudah	Sudah

26	Ruang Kuliah 5	Sudah	Sudah
27	Ruang Kuliah 6	Sudah	Sudah
28	Ruang Kuliah 7	Sudah	Sudah
29	Laboratorium Fisiologi	Belum	Belum
30	Ruang Dosen 2	Belum	Sudah
31	Ruang Wakil Dekan 1	Belum	Sudah
32	Ruang Wakil Dekan 2	Belum	Belum
33	Ruang Wakil Dekan 3	Belum	Belum
34	Ruang Dekan	Belum	Sudah
35	Ruang Tunggu Dekanat	Belum	Sudah
36	Ruang Rapat	Belum	Sudah
37	Ruang Penelitian Pengembangan dan Terapan Psikologi Kesehatan	Belum	Belum
38	Ruang Pusat Psikometri Terapan	Belum	Belum
39	Ruang Tamu	Belum	Sudah
40	Koridor	Belum	Sudah
41	Laboratorium Eksperimen	Belum	Belum
42	Laboratorium Pengembangan Anak	Belum	Belum
43	Ruang Konsultasi	Belum	Belum
44	Ruang Tunggu Konsultasi	Belum	Belum
45	Laboratorium Observasi dan Wawancara	Belum	Sudah
46	Ruang Monitoring	Belum	Belum
47	Ruang Audiovisual	Belum	Belum

Berdasarkan tabel 4.6 diatas dapat disimpulkan bahwa hanya beberapa ruangan yang telah memenuhi standar kenyamanan intensitas pencahayaan dan hemat daya pencahayaan berdasarkan Standar SNI 03–6197–2000. Ruangan tersebut adalah Perpustakaan cetak, Ruang kelas 1-7 di lantai IV dan VI.

4.1.5 Rekomendasi Sistem Penerangan

4.1.5.1 Daya Total Lampu Pada Ruangan di Lantai IV dan VI Universitas XYZ Aktual

Untuk memberikan rekomendasi untuk kenyamanan intensitas penerangan dan peluang penghematan maka kita harus mengetahui kondisi aktual dari ruangan di lantai IV dan VI Universitas XYZ. Berikut lampu-lampu yang digunakan

pada lantai IV dan VI Universitas XYZ beserta daya total dan lumennya:

Tabel 4.7 Tabel Jumlah Lampu di Lantai IV dan VI Universitas XYZ

No.	Ruangan	Lampu Saat Ini				
		Jenis Lampu	Daya (watt)	Lumens	Jumlah lampu	Daya Total (watt)
Lantai IV						
1	Perpustakaan cetak	Philips TL-D	18	1025	228	4104
2	Ruang Kuliah 1	Philips TL-D	18	1025	44	792
3	Ruang Kuliah 2	Philips TL-D	18	1025	44	792
4	Ruang Kuliah 3	Philips TL-D	18	1025	32	576
5	Ruang Kuliah 4	Philips TL-D	18	1025	36	648
6	Ruang Kuliah 5	Philips TL-D	18	1025	32	576
7	Ruang Kuliah 6	Philips TL-D	18	1025	36	648
8	Ruang Kuliah 7	Philips TL-D	18	1025	32	576
9	Laboratorium Bio Kimia	Philips TL-D	36	1600	168	6048
10	Ruang Koordinator P2M Akutansi	Philips TL-D	36	1600	8	288
11	Ruang Dosen	Philips TL-D	36	1600	16	576
12	Ruang Wakil Dekan 1	Philips TL-D	36	1600	8	408
		Phillips Tornado	24	1450	5	540
13	Ruang Wakil Dekan 2	Philips TL-D	36	1600	8	456
		Phillips Tornado	24	1450	7	408
14	Ruang Wakil Dekan 3	Philips TL-D	36	1600	7	144
		Phillips Tornado	24	1450	8	396
15	Ruang Dekan	Philips TL-D	36	1600	8	288
		Phillips Light	18	920	5	1020
16	Ruang Tunggu Dekanat	Phillips Tornado	24	1450	4	4560
17	Ruang Rapat	Phillips Tornado	24	1450	9	4104
		Phillips Light	18	905	5	792
18	Ruang Koordinator P2M Manajemen	Philips TL-D	36	1600	8	792
19	Ruang Tamu	Philips TL-D	36	1600	12	576
		Phillips Tornado	24	1450	8	648
		Phillips Light	18	905	11	576
20	Koridor	Phillips Tornado	24	1450	136	648
		Phillips Light	18	905	36	576
Lantai VI						
21	Ruang Dosen 1	Philips TL-D	36	1600	72	2592

22	Ruang Kuliah 1	Philips TL-D	18	1025	44	1584
23	Ruang Kuliah 2	Philips TL-D	18	1025	44	1584
24	Ruang Kuliah 3	Philips TL-D	18	1025	32	1152
25	Ruang Kuliah 4	Philips TL-D	18	1025	36	1296
26	Ruang Kuliah 5	Philips TL-D	18	1025	32	1152
27	Ruang Kuliah 6	Philips TL-D	18	1025	36	1296
28	Ruang Kuliah 7	Philips TL-D	18	1025	32	1152
29	Laboratorium Fisiologi	Philips TL-D	36	1600	168	6048
30	Ruang Dosen 2	Philips TL-D	36	1600	16	576
31	Ruang Wakil Dekan 1	Philips TL-D	36	1600	8	408
		Phillips Tornado	24	1450	5	540
32	Ruang Wakil Dekan 2	Philips TL-D	36	1600	8	456
		Phillips Light	18	905	7	408
33	Ruang Wakil Dekan 3	Philips TL-D	36	1600	8	144
		Phillips Tornado	24	1450	7	396
34	Ruang Dekan	Philips TL-D	36	1600	8	288
		Phillips Tornado	24	1450	5	288
35	Ruang Tunggu Dekanat	Phillips Light	18	905	4	1020
36	Ruang Rapat	Phillips Tornado	24	1450	5	4560
		Phillips Light	18	905	9	1320
37	Ruang Penelitian Pengembangan dan Terapan Psikologi Kesehatan	Philips TL-D	36	1600	8	720
38	Ruang Pusat Psikometri Terapan	Philips TL-D	36	1600	8	288
39	Ruang Tamu	Philips TL-D	36	1600	12	288
		Phillips Tornado	24	1450	11	540
		Phillips Light	18	905	8	576
40	Koridor	Phillips Tornado	24	1450	136	864
		Phillips Light	18	905	36	2592
41	Laboratorium Eksperimen	Philips TL-D	36	1600	36	1584
		Phillips Light	18	905	1	1584
42	Laboratorium Pengembangan Anak	Philips TL-D	36	1600	20	1152
43	Ruang Konsultasi	Philips TL-D	36	1600	8	1296
44	Ruang Tunggu Konsultasi	Philips TL-D	36	1600	8	1152
45	Laboratorium Observasi dan	Phillips Light	18	905	15	1296

	Wawancara					
46	Ruang Monitoring	Philips TL-D	36	1600	16	1152
47	Ruang Audiovisual	Philips TL-D	36	1600	24	6048

4.1.5.2 Daya Total Lampu Pada Ruangan di Lantai IV dan VI Universitas XYZ Rekomendasi

Hanya beberapa ruangan yang telah memenuhi standar kenyamanan intensitas pencahayaan dan hemat daya pencahayaan berdasarkan Standar SNI 03–6197–2000. Ruangan tersebut adalah Perpustakaan cetak, Ruang kelas 1-7 di lantai IV dan VI. Untuk ruangan yang belum memenuhi standar maka diberikan rekomendasi untuk mengganti lampu yang digunakan oleh ruangan tersebut dengan menggunakan lampu LED untuk meningkatkan intensitas pencahayaan namun menurunkan daya pencahayaan. Sehingga didapatkan ruangan yang mempunyai intensitas pencahayaan sesuai standar dan hemat daya. Pergantian tipe lampu dilakukan dengan mengganti lampu lama dengan lampu baru yang memiliki jenis atau bentuk yang sama. Berikut adalah daftar pergantian lampu sesuai dengan tipe/jenisnya:

Tabel 4.8 Data Pergantian tipe lampu

No.	Tipe Lampu Lama	Tipe Lampu Pengganti
1	Philips TL-D 36 watt	Philips LED Bulb
2	Philips TL-D 18 watt	
3	Phillips Light	
4	Phillips Tornado	

Sedangkan rekomendasi yang penulis berikan untuk mencapai standar yang berdasarkan standar SNI 03–6197 2000 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.9 Daya Total dan Jenis Lampu yang Direkomendasikan untuk ruangan di Lantai IV dan VI Universitas XYZ

No.	Ruangan	Lampu Rekomendasi				
		Jenis Lampu	Daya (watt)	Lumen	Jumlah lampu	Daya Total (watt)

Lantai IV						
1	Perpustakaan cetak	Philips TL-D	18	1025	228	4104
2	Ruang Kuliah 1	Philips TL-D	18	1025	44	792
3	Ruang Kuliah 2	Philips TL-D	18	1025	44	792
4	Ruang Kuliah 3	Philips TL-D	18	1025	32	576
5	Ruang Kuliah 4	Philips TL-D	18	1025	36	648
6	Ruang Kuliah 5	Philips TL-D	18	1025	32	576
7	Ruang Kuliah 6	Philips TL-D	18	1025	36	648
8	Ruang Kuliah 7	Philips TL-D	18	1025	32	576
9	Laboratorium Bio Kimia	Philips LED Bulb	18	2000	222	6048
10	Ruang Koordinator P2M Akutansi	Philips LED Bulb	18	2000	10	3996
11	Ruang Dosen	Philips LED Bulb	18	2000	23	180
12	Ruang Wakil Dekan 1	Philips LED Bulb	18	2000	21	414
13	Ruang Wakil Dekan 2	Philips LED Bulb	18	2000	16	378
14	Ruang Wakil Dekan 3	Philips LED Bulb	18	2000	16	288
15	Ruang Dekan	Philips LED Bulb	18	2000	21	288
16	Ruang Tunggu Dekanat	Philips LED Bulb	18	2000	17	378
17	Ruang Rapat	Philips LED Bulb	18	2000	26	306
		Philips LED Bulb	18	2000	10	468
18	Ruang Koordinator P2M Manajemen	Philips LED Bulb	18	2000	60	180
19	Ruang Tamu	Philips LED Bulb	18	2000	257	1080
20	Koridor	Philips LED Bulb	18	2000	222	4626
Lantai VI						
21	Ruang Dosen 1	Philips LED Bulb	18	2000	69	1242
22	Ruang Kuliah 1	Philips TL-D	18	1025	44	1584
23	Ruang Kuliah 2	Philips TL-D	18	1025	44	1584
24	Ruang Kuliah 3	Philips TL-D	18	1025	32	1152
25	Ruang Kuliah 4	Philips TL-D	18	1025	36	1296
26	Ruang Kuliah 5	Philips TL-D	18	1025	32	1152
27	Ruang Kuliah 6	Philips TL-D	18	1025	36	1296
28	Ruang Kuliah 7	Philips TL-D	18	1025	32	1152
29	Laboratorium Fisiologi	Philips LED Bulb	18	2000	222	3996
30	Ruang Dosen 2	Philips LED Bulb	18	2000	23	414
31	Ruang Wakil Dekan 1	Philips LED Bulb	18	2000	21	378
32	Ruang Wakil Dekan 2	Philips LED Bulb	18	2000	16	288
33	Ruang Wakil Dekan 3	Philips LED Bulb	18	2000	16	288
34	Ruang Dekan	Philips LED Bulb	18	2000	21	378
35	Ruang Tunggu Dekanat	Philips LED Bulb	18	2000	17	306
36	Ruang Rapat	Philips LED Bulb	18	2000	26	468

37	Ruang Penelitian Pengembangan dan Terapan Psikologi Kesehatan	Philips LED Bulb	18	2000	10	180
38	Ruang Pusat Psikometri Terapan	Philips LED Bulb	18	2000	10	180
39	Ruang Tamu	Philips LED Bulb	18	2000	60	1080
40	Koridor	Philips LED Bulb	18	2000	257	4626
41	Laboratorium Eksperimen	Philips LED Bulb	18	2000	52	936
42	Laboratorium Pengembangan Anak	Philips LED Bulb	18	2000	23	414
43	Ruang Konsultasi	Philips LED Bulb	18	2000	6	108
44	Ruang Tunggu Konsultasi	Philips LED Bulb	18	2000	9	162
45	Laboratorium Observasi dan Wawancara	Philips LED Bulb	18	2000	42	756
46	Ruang Monitoring	Philips LED Bulb	18	2000	16	288
47	Ruang Audiovisual	Philips LED Bulb	18	2000	31	558

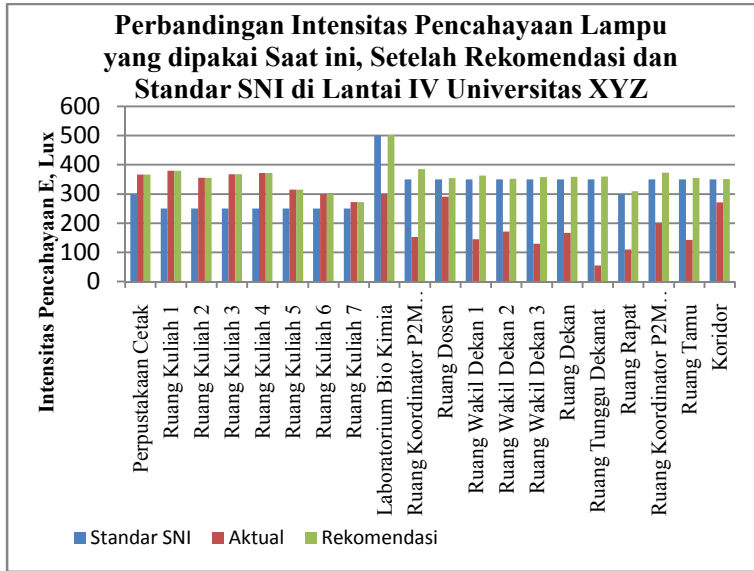
4.1.5.3 Intensitas Pencahayaan setelah Dilakukan Penggantian Tipe Lampu

Setelah diberikan rekomendasi pergantian lampu diharapkan semua ruangan dapat mencapai standar sesuai dengan SNI 03–6197–2000. Berikut perbandingan intensitas pencahayaan ruangan pada lantai IV dan VI Universitas XYZ menurut standar SNI,sebelum rekomendasi dan setelah rekomendasi:

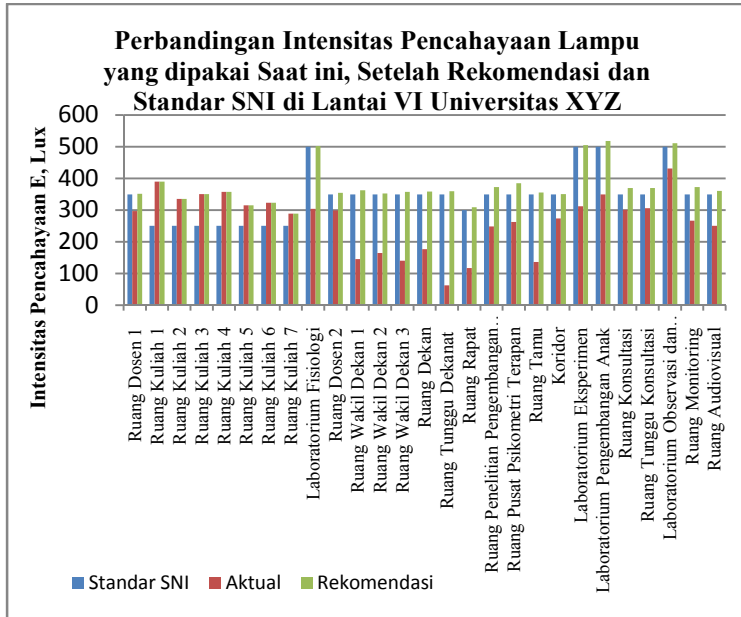
Tabel 4.10 Intensitas Pencahayaan Ruangan di Lantai IV dan VI setelah Rekomendasi

No.	Ruangan	Intensitas Pencahayaan E, lux		
		SNI	E saat ini	E rekomendasi
Lantai IV				
1	Perpustakaan Cetak	300	366	366
2	Ruang Kuliah 1	250	380	380
3	Ruang Kuliah 2	250	355	355
4	Ruang Kuliah 3	250	368	368
5	Ruang Kuliah 4	250	372	372
6	Ruang Kuliah 5	250	315	315

7	Ruang Kuliah 6	250	300	300
8	Ruang Kuliah 7	250	272	272
9	Laboratorium Bio Kimia	500	300	501,94
10	Ruang Koordinator P2M Akutansi	350	153	385,31
11	Ruang Dosen	350	291	354,10
12	Ruang Wakil Dekan 1	350	145	362,56
13	Ruang Wakil Dekan 2	350	171	352,25
14	Ruang Wakil Dekan 3	350	129	357,29
15	Ruang Dekan	350	167	358,21
16	Ruang Tunggu Dekanat	350	55	359,67
17	Ruang Rapat	300	110	308,83
18	Ruang Koordinator P2M Manajemen	350	200	372,96
19	Ruang Tamu	350	143	355,29
20	Koridor	350	271	350,57
Lantai VI				
21	Ruang Dosen 1	350	297	351,65
22	Ruang Kuliah 1	250	390	390
23	Ruang Kuliah 2	250	335	335
24	Ruang Kuliah 3	250	351	351
25	Ruang Kuliah 4	250	358	358
26	Ruang Kuliah 5	250	315	315
27	Ruang Kuliah 6	250	323	323
28	Ruang Kuliah 7	250	289	289
29	Laboratorium Fisiologi	500	304	501,94
30	Ruang Dosen 2	350	299	354,10
31	Ruang Wakil Dekan 1	350	145	362,56
32	Ruang Wakil Dekan 2	350	165	352,25
33	Ruang Wakil Dekan 3	350	140	357,29
34	Ruang Dekan	350	177	358,21
35	Ruang Tunggu Dekanat	350	63	359,67
36	Ruang Rapat	300	117	308,83
37	Ruang Penelitian Pengembangan dan Terapan Psikologi Kesehatan	350	248	372,96
38	Ruang Pusat Psikometri Terapan	350	263	385,31
39	Ruang Tamu	350	136	355,29
40	Koridor	350	274	350,57
41	Laboratorium Eksperimen	500	312	505,16
42	Laboratorium Pengembangan Anak	500	350	518,31
43	Ruang Konsultasi	350	301	369,94
44	Ruang Tunggu Konsultasi	350	306	369,23
45	Laboratorium Observasi dan Wawancara	500	431	511,51
46	Ruang Monitoring	350	267	373,04
47	Ruang Audiovisual	350	251	360,33



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Intensitas Pencahayaan Maksimum Setelah Rekomendasi Ruangan di Lantai IV Universitas XYZ



Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Intensitas Pencahayaan Maksimum Setelah Rekomendasi Ruangan di Lantai VI Universitas XYZ

Dari gambar 4.6 dan 4.7 diatas dapat dilihat bahwa setelah diberikan rekomendasi pergantian lampu, intensitas pencahayaan seluruh ruangan sudah sesuai dengan standar SNI 03-6197-2000.

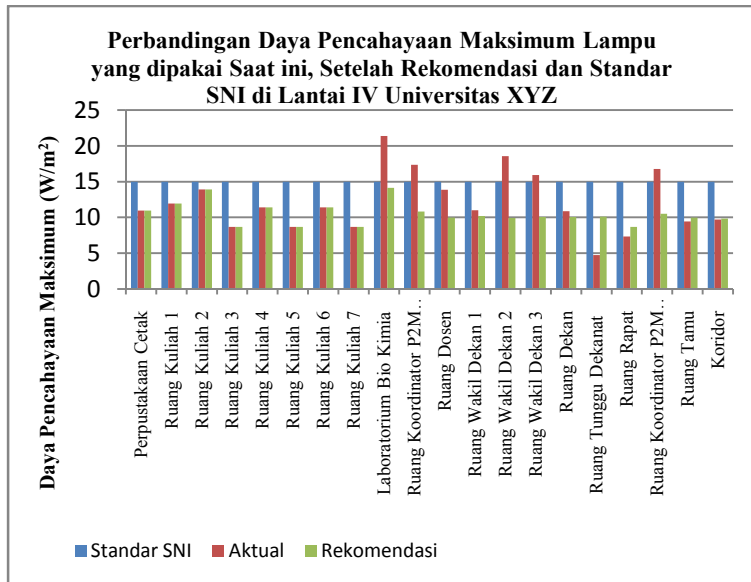
4.1.5.4 Daya Pencahayaan Maksimum setelah Dilakukan Penggantian Tipe Lampu

Setelah diberikan rekomendasi pergantian lampu diharapkan semua ruangan dapat mencapai standar daya maksimum sesuai dengan SNI 03-6197-2000. Berikut perbandingan daya pencahayaan maksimum ruangan pada lantai IV dan VI Universitas XYZ menurut standar SNI,sebelum rekomendasi dan setelah rekomendasi:

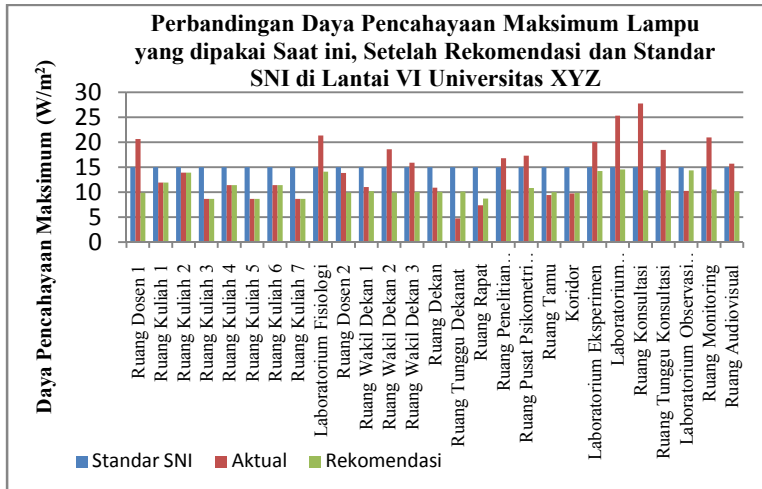
Tabel 4.11 Daya Pencahayaan Ruangan di Lantai IV dan VI setelah Rekomendasi

No.	Ruangan	Daya Pencahayaan Maksimum W/m ²		
		Standar SNI	Aktual	Rekomendasi
Lantai IV				
1	Perpustakaan Cetak	15	10,97	10,97
2	Ruang Kuliah 1	15	11,92	11,92
3	Ruang Kuliah 2	15	13,92	13,92
4	Ruang Kuliah 3	15	8,67	8,67
5	Ruang Kuliah 4	15	11,39	11,39
6	Ruang Kuliah 5	15	8,67	8,67
7	Ruang Kuliah 6	15	11,39	11,39
8	Ruang Kuliah 7	15	8,67	8,67
9	Laboratorium Bio Kimia	15	21,37	14,12
10	Ruang Koordinator P2M Akutansi	15	17,34	10,84
11	Ruang Dosen	15	13,86	9,96
12	Ruang Wakil Dekan 1	15	11,01	10,20
13	Ruang Wakil Dekan 2	15	18,58	9,91
14	Ruang Wakil Dekan 3	15	15,91	10,05
15	Ruang Dekan	15	10,87	10,07
16	Ruang Tunggu Dekanat	15	4,76	10,12
17	Ruang Rapat	15	7,35	8,69
18	Ruang Koordinator P2M Manajemen	15	16,78	10,49
19	Ruang Tamu	15	9,44	9,99
20	Koridor	15	9,72	9,86
Lantai VI				
21	Ruang Dosen 1	15	20,64	9,89
22	Ruang Kuliah 1	15	11,92	11,92
23	Ruang Kuliah 2	15	13,92	13,92
24	Ruang Kuliah 3	15	8,67	8,67
25	Ruang Kuliah 4	15	11,39	11,39
26	Ruang Kuliah 5	15	8,67	8,67
27	Ruang Kuliah 6	15	11,39	11,39
28	Ruang Kuliah 7	15	8,67	8,67
29	Laboratorium Fisiologi	15	21,37	14,12
30	Ruang Dosen 2	15	13,86	9,96
31	Ruang Wakil Dekan 1	15	11,01	10,20
32	Ruang Wakil Dekan 2	15	18,58	9,91
33	Ruang Wakil Dekan 3	15	15,91	10,05
34	Ruang Dekan	15	10,87	10,07
35	Ruang Tunggu Dekanat	15	4,76	10,12
36	Ruang Rapat	15	7,35	8,69

37	Ruang Penelitian Pengembangan dan Terapan Psikologi Kesehatan	15	16,78	10,49
38	Ruang Pusat Psikometri Terapan	15	17,34	10,84
39	Ruang Tamu	15	9,44	9,99
40	Koridor	15	9,72	9,86
41	Laboratorium Eksperimen	15	20,04	14,21
42	Laboratorium Pengembangan Anak	15	25,35	14,58
43	Ruang Konsultasi	15	27,75	10,40
44	Ruang Tunggu Konsultasi	15	18,46	10,38
45	Laboratorium Observasi dan Wawancara	15	10,28	14,39
46	Ruang Monitoring	15	20,98	10,49
47	Ruang Audiovisual	15	15,69	10,13



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Daya Pencahayaan Maksimum Setelah Rekomendasi Ruangan di Lantai IV Universitas XYZ



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Daya Pencahayaan Maksimum Setelah Rekomendasi Ruangan di Lantai VI Universitas XYZ

Dari gambar 4.8 dan 4.9 diatas dapat dilihat bahwa setelah diberikan rekomendasi pergantian lampu, daya pencahayaan maksimum seluruh ruangan sudah sesuai dengan standar SNI 03–6197–2000

4.1.5.5 Peluang Penghematan Energi Dari Pergantian Lampu Ruangan Lantai IV dan VI Universitas XYZ

Setelah diberikan rekomendasi pergantian lampu, maka penghematan yang akan didapat:

- Menghitung daya yang dihemat setelah dilakukan rekomendasi pergantian lampu:

$$\begin{aligned}
 \text{Hemat daya (Watt)} &= \text{Konsumsi daya saat ini} - \text{Konsumsi} \\
 &\quad \text{daya setelah rekomendasi} \\
 &= 55380 \text{ watt} - 47556 \text{ watt} = 7824 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

- Menghitung pemakaian listrik yang dihemat per tahun setelah dilakukan rekomendasi pergantian lampu (Lampu dinyalakan selama 11 jam per hari, kampus beroperasi senin-jumat):

$$\text{kWh/tahun} = 7.824 \text{ watt} \times \frac{1\text{kW}}{1000 \text{ W}} \times \frac{11 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \times \frac{5 \text{ hari}}{1 \text{ minggu}} \times \frac{52 \text{ minggu}}{1 \text{ tahun}}$$

$$\text{kWh/tahun} = 22.736,64 \text{ kWh/tahun}$$

- Menghitung biaya yang dihemat per tahun setelah dilakukan rekomendasi pergantian lampu: Tarif dasar listrik untuk gedung Universitas XYZ ialah Rp. 1.467,28/kWh

$$\text{Penghematan / tahun} = 22.736,64 \frac{\text{kWh}}{\text{tahun}} \times 1.467,28 \frac{\text{Rp}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Penghematan / tahun} = \text{Rp. } 32.832.796 / \text{tahun}$$

- Menghitung umur lampu (Lampu dinyalakan selama 11 jam per hari, kampus beroperasi senin-jumat) :

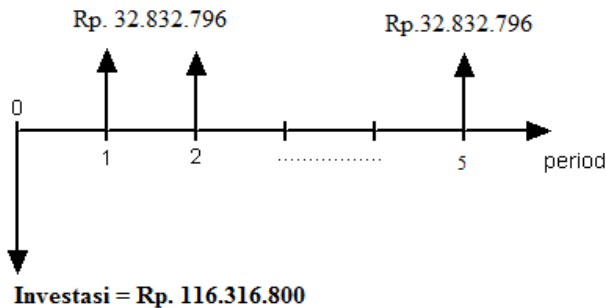
$$\text{Umur lampu (tahun)} = \frac{15000 \text{ hr}}{\frac{11 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \times \frac{5 \text{ hari}}{1 \text{ minggu}} \times \frac{52 \text{ minggu}}{1 \text{ tahun}}} = 5,24 \text{ tahun}$$

- Menghitung *Net Present Value (NPV)* dan *simple payback period* untuk pergantian lampu dari lampu biasa menjadi lampu LED

Biaya investasi dan penghematan untuk pergantian lampu LED adalah sebagai berikut:

Tabel 4.12 Besar Biaya Investasi dan Penghematan dengan lampu LED

Keterangan	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
Investasi			
Philips LED Bulb 18 Watt	1646	64.800	106.660.800
Fitting Lampu	1164	4.000	4.656.000
Biaya Jasa			5.000.000
Total			116.316.800
Penghematan			
Penghematan / tahun			32.832.796



Gambar 4.10 *Cash Flow diagram* penggantian lampu

Dengan asumsi tingkat suku bunga per tahunnya 10% maka dapat dihitung nilai *NPV* sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 NPV &= - \text{Rp. } 116.316.800,- + \text{Rp } 32.832.796,- (P/A, 10\%, 5) \\
 &= - \text{Rp. } 116.316.800,- + \text{Rp } 32.832.796,- (3,7908) \\
 &= \text{Rp. } 8.145.764,-
 \end{aligned}$$

Karena *NPV* memiliki harga positif, maka pergantian lampu layak dilakukan. Sedangkan *payback period* dari investasi tersebut dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Payback period} = \frac{\text{Total Investasi}}{\text{Pendapatan rata-rata tahunan}} \times 1 \text{ Tahun}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Payback period} &= \frac{\text{Rp. } 116.316.800,-}{\text{Rp. } 32.832.796,-} \times 1 \text{ Tahun} = 3,543 \text{ Tahun} \\
 &= 3 \text{ Tahun, } 7 \text{ Bulan}
 \end{aligned}$$

4.2 Perhitungan Beban Pendinginan

Perhitungan beban pendinginan bisa dilakukan dengan beberapa metode, namun yang akan digunakan untuk perhitungan beban pendingin pada tugas akhir ini adalah dengan metode *CLTD (Cooling Load Temperature Difference)*. Dan perhitungan ini mengacu pada standar *ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers)* 1997. Untuk contoh perhitungan beban pendinginan dilakukan pada salah satu ruangan di Lantai IV Universitas XYZ yaitu Ruang kuliah 4. Data-data

yang diperlukan untuk perhitungan beban pendinginan ini mengacu pada standar kenyamanan ruang dan kondisi saat dilakukan pengambilan data yang ditunjukkan pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Kondisi Lingkungan

Uraian	Keterangan
Bulan perencanaan	Bulan Juli 2017
Letak geografis	6°10'09,8" LS dan 106°52'12.4" BT
Temperature ruang rancangan	75,2°F
RH ruang rancangan	50%
Temperature luar rancangan (BMKG)	91,4 °F
RH luar rancangan (BMKG)	75%

Pada perhitungan beban pendinginan dengan metode CLTD menggunakan tabel ASHRAE. Dimana data yang terdapat pada tabel *ASHRAE* diperuntukan untuk daerah yang terletak di daerah Lintang Utara, sedangkan gedung Universitas XYZ terletak di Lintang Selatan sehingga bulan yang dipilih ditambah 6 bulan dari bulan rancangan. Pada penelitian ini pengambilan data dilakukan di bulan Juli sehingga data yang diambil pada tabel *ASHRAE* adalah untuk bulan Januari. Sedangkan untuk arah mata angin agar tabel-tabel tersebut dapat digunakan untuk daerah yang berlokasi di Lintang Selatan maka arah mata anginnya perlu disesuaikan seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.6.

Tabel 4.14 Hasil Penyesuaian Arah Mata Angin

Lintang Utara	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Lintang Selatan	S	SE	E	NE	N	NW	W	SW

Perhitungan beban pendinginan dilakukan dalam tiga waktu yaitu pukul 09.00, pukul 12.00, dan pukul 15.00. Dengan mengacu pada tiga waktu tersebut dapat diketahui beban pendinginan maksimal berada pada waktu yang mana.

Contoh perhitungan beban pendinginan dengan menggunakan metode *CLTD* pada gedung Universitas XYZ diambil *sample* pada waktu 15.00. Untuk melakukan perhitungan beban pendinginan diperlukan data dimensi dari ruangan kuliah 4 untuk mengetahui luasan dinding, kaca, atap, partisi, langit-langit, suhu dan *RH*, peralatan elektronik, serta jumlah penghuni.

4.2.1. Perhitungan Beban Pendinginan Eksternal

Beban pendinginan eksternal yaitu beban kalor yang masuk dari luar ruangan ke dalam ruangan. Adapun beban pendinginan eksternal pada lantai IV Universitas XYZ yaitu beban transmisi pada kaca, beban transmisi pada dinding, beban radiasi matahari melalui kaca dan beban pendinginan melalui infiltrasi.

4.2.1.1. Beban Transmisi Melalui Kaca

Perhitungan untuk mencari beban transmisi kaca pada ruang kuliah 4 sebagai berikut:

- Luas Kaca (A)

Luas kaca yang tersinari matahari pada ruang kuliah 4 Lantai IV Universitas XYZ terletak pada dinding sebelah *North West* (NW) dan *South West* (SW) dengan nilai luasan sebagai berikut:

$$L_{NW} = 65,875 \text{ ft}^2$$

$$L_{SW} = 65,875 \text{ ft}^2$$

$$\text{Luas Total Kaca} = 131,75 \text{ ft}^2$$

- *Overall Heat Transfer Coefficient* (U)

Dari tabel ASHRAE 3.14 A pada lampiran, didapatkan nilai U untuk kaca single glass yaitu $U = 1,04 \text{ Btu}/(\text{hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F})$

- *Cooling Load Temperature Difference Correction* (CLTD_c)

Nilai *Cooling Load Temperature Difference Correction* (CLTD_c) untuk kaca didapatkan dari persamaan sebagai berikut:

$$\text{CLTD}_c = \text{CLTD} + (78 - t_R) + (t_o - 85)$$

Dimana, nilai CLTD = 14 °F (tabel 4.7 CLTD (°F) untuk kaca pada *solar time* 15) dan nilai $t_R = 75,2$ °F; $t_o = 85,9$ °F (t_o didapat dari persamaan 4.1)

$$t_o = \left\{ t_{o \max} - \left(\frac{t_{o \max} - t_{o \min}}{2} \right) \right\} \quad (4.1)$$

Dengan $t_{o \max} = 36$ °C = 96,8 °F; $t_{o \min} = 24$ °C = 75 °F

Tabel 4.15 CLTD (°F) untuk kaca

Solar Time, Hr																							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
CLTD, °F																							
1	0	-1	-2	-2	-2	-2	0	2	4	7	9	12	13	14	14	13	12	10	8	6	4	3	2

Sehingga didapatkan nilai CLTD_c sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{CLTD}_c &= 14 + (78 - 75,2) + (85,9 - 85) \\ &= 17,7 \text{ °F} \end{aligned}$$

- **Beban Transmisi Melalui Kaca (Q)**

Nilai beban transmisi melalui kaca pada ruang kuliah 4 di Lantai IV Universitas XYZ dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q = U \times A \times \text{CLTD}_c$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{transmisi kaca}} &= 1,04 \text{ Btu/(hr.ft}^2\text{.°F)} \times 131,75 \text{ ft}^2 \times 17,7 \text{ °F} \\ &= 2425,254 \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

4.2.1.2. Beban Radiasi Melalui Kaca

Perhitungan untuk mendapatkan beban radiasi melalui kaca pada ruang kuliah 4 di Lantai IV Universitas XYZ sebagai berikut:

- **Luas Kaca (A)**

Luas kaca yang terkena radiasi matahari pada ruang kuliah 4 di Lantai IV Universitas XYZ terletak pada dinding sebelah

North West (NW) dan *South West* (SW) dengan nilai luasan sebagai berikut:

$$L_{NW} = 65,875 \text{ ft}^2$$

$$L_{SW} = 65,875 \text{ ft}^2$$

- *Solar Heat Gain Factor* (SHGF)

Nilai SHGF pada bulan Januari didapatkan dari Tabel 3.25. Untuk nilai SHGF NW = 71 Btu/(hr.ft²), dan SW = 242 Btu/(hr.ft²).

- *Shading Coefficient* (SC)

Berdasarkan jenis kaca yaitu *single glass 1/4 to 1/2 in* maka didapatkan nilai SC = 0,94 (Tabel ASHRAE 3.18)

- *Cooling Load Factor* (CLF)

Nilai CLF dapat dilihat pada lampiran (Tabel ASHRAE 3.28) pada *solar time* 15. Untuk nilai CLF_{NW} = 0.36, CLF_{SW} = 0.53.

- Beban Radiasi melalui Kaca (Q)

Beban radiasi melalui kaca (Q) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q = \text{SHGF} \times A \times \text{SC} \times \text{CLF}$$

$$\begin{aligned} Q_{NW} &= 71 \text{ Btu}/(\text{hr}.\text{ft}^2) \times 65,875 \text{ ft}^2 \times 0,94 \times 0.36 \\ &= 1582,739 \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{SW} &= 242 \text{ Btu}/(\text{hr}.\text{ft}^2) \times 65,875 \text{ ft}^2 \times 0.94 \times 0.53 \\ &= 4195,869 \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

Sehingga, didapatkan:

$$\begin{aligned} \text{Total } Q_{\text{radiasi}} &= Q_{NW} + Q_{SW} \\ &= 5778,608 \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

4.2.1.3 Beban Transmisi Pada Dinding

Bagian ruang kuliah 4 yang dindingnya terkena sinar matahari adalah bagian *North West* (NW) dan *South West* (SW). Perhitungan untuk beban transmisi melalui dinding sebagai berikut:

- Luas Dinding (A)

Luas dinding yang terkena radiasi matahari pada ruang kuliah 4 di Lantai IV Universitas XYZ terletak pada dinding sebelah

North West (NW) dan *South West* (SW) dengan nilai luasan sebagai berikut:

$$L_{NW} = 175,23 \text{ ft}^2$$

$$L_{SW} = 175,23 \text{ ft}^2$$

- *Overall Heat Transfer Coefficient* (U)

Nilai *Overall Heat Transfer Coefficient* dari dinding yang terkena sinar matahari adalah $U = 0,372 \text{ Btu}/(\text{hr}/\text{ft}^2.\text{F})$ termasuk dalam kategori dinding B. Untuk dinding yang berwarna terang mempunyai nilai $K = 0.65$.

- *Cooling Load Temperature Difference Correction* (CLTDc)

Nilai *Cooling Load Temperature Difference Correction* (CLTDc) untuk dinding didapatkan dari persamaan 2.4 sebagai berikut : $\text{CLTDc} = \{(\text{CLTD} + \text{LM}) \times K + (78 - t_R) + (t_o - 85)\}$ Dimana :

- CLTD untuk dinding grup B didapatkan dari tabel 3.10 ASHRAE
- *Latitude-Month Correction* untuk dinding dan atap

Tabel 4.16 *Latitude-Month Correction* untuk dinding dan atap

Month	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
		NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW	
Dec	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12
Jan / Nov	-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10
Feb / Oct	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4
Mar / Sept	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4
Apr / Aug	2	2	2	0	-1	-4	-5	-7	-7
May / Jul	7	5	4	0	-2	-5	-7	-9	-7
Jun	9	6	4	0	-2	-6	-8	-9	-7

Berdasarkan tabel 4.18 nilai LM untuk dinding sebelah barat laut (NW) pada bulan Januari yaitu -6. Sehingga,

- Nilai CLTDc NW untuk dinding Pukul 15:00 CLTDc
 $= \{(CLTD+LM) \times K + (78-t_R) + (t_o-85)\} = \{(12-6) \times 0,65 + (78-75,2) + (85,9-85)\} = 7,6$
- Beban transmisi melalui dinding barat laut adalah sebagai berikut:
 $Q = U \times A \times CLTDc$
 $Q = 0,372 \text{ Btu/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F} \times 175,23 \text{ ft}^2 \times 7,6 \text{ } ^\circ\text{F}$
 $Q = 495,41 \text{ Btu/hr}$

Berdasarkan tabel 4.18 nilai LM untuk dinding sebelah barat daya (SW) pada bulan Januari yaitu 3. Sehingga,

- Nilai CLTDc SW untuk dinding Pukul 15:00 CLTDc
 $= \{(CLTD+LM) \times K + (78-t_R) + (t_o-85)\} = \{(14+6) \times 0,65 + (78-75,2) + (85,9-85)\} = 14,75$
- Beban transmisi melalui dinding barat daya adalah sebagai berikut:
 $Q = U \times A \times CLTDc$
 $Q = 0,372 \text{ Btu/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F} \times 175,23 \text{ ft}^2 \times 14,75 \text{ } ^\circ\text{F}$
 $Q = 961,49 \text{ Btu/hr}$

Sehingga, didapatkan:

$$\text{Total } Q_{\text{transmisi dinding}} = Q_{\text{NW}} + Q_{\text{SW}}$$

$$Q_{\text{transmisi dinding}} = 1456,9 \text{ Btu/hr}$$

4.2.1.4 Beban Infiltrasi pada Pintu

Adapun perhitungan untuk mencari beban infiltrasi pada pintu *emergency exit* Koridor sebagai berikut:

- SCFM infiltrasi (CFM)
 Nilai Q infiltrasi yang didapatkan adalah 81,38 cfm *per person in room per room* berdasarkan tabel infiltrasi melalui pintu engsel sewaktu dilalui seseorang. Jumlah orang yang melalui *emergency exit* yaitu sebesar 2 orang, sehingga nilai total SCFM sebesar 162,76 cfm.
- Δt dan Δw

Nilai $\Delta t = 15,3$ °F dengan $T_2 = 91,4$ °F dan $T_1 = 76,1$ °F. Untuk nilai $\Delta w = 0.0093$ dengan $W_o = 0.021$ dan $W_r = 0.0117$

- Beban Infiltrasi Sensible dan Laten

$$\begin{aligned} Q_s (\text{Sensibel}) &= 1.1 \times \Delta T \times \text{SCFM} \\ &= 1.1 \times (91,4 - 76,1) \times 162,76 = \\ 2739,4 \text{ Btu/hr} \\ Q_l (\text{Laten}) &= 4840 \times \Delta w \times \text{SCFM} \\ &= 4840 \times 0.0093 \times 162,76 = 7326,57 \\ &\text{Btu/hr} \end{aligned}$$

Sehingga beban infiltrasi totalnya adalah :

$$Q_{\text{total}} = Q_s + Q_l$$

$$Q_{\text{total}} = 2.739,4 \text{ Btu/hr} + 7.326,57 \text{ Btu/hr} = 10.065,98 \text{ Btu/hr}$$

Terdapat dua pintu emergency exit pada koridor di lantai IV Universitas XYZ. Sehingga beban infiltrasi totalnya adalah :

$$Q_{\text{total}} / \text{pintu} \times 2 \text{ pintu} = 10.065,98 \times 2 = 20.131,98 \text{ Btu/hr}$$

4.2.2. Perhitungan Beban Pendinginan Internal

Beban pendinginan internal yaitu beban kalor yang bersumber dari dalam ruangan itu sendiri. Adapun beban pendinginan internal pada Lantai IV dan VI Universitas XYZ yaitu beban pendinginan melalui beban penerangan, beban penghuni, dan beban peralatan.

4.2.2.1. Beban Penerangan

Besar beban penerangan pada pada ruang kuliah 4 di Lantai IV Universitas XYZ dapat ditentukan nilainya dengan perumusan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q &= 3.41 \times q_i \times F_u \times F_s \times \text{CLF} \\ &= 3.41 \times 648 \times 1 \times 1.2 \times 1 \\ &= 2651,616 \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

4.2.2.2. Beban Penghuni

Beban penghuni adalah beban pendinginan yang diakibatkan adanya heat gain yang dikeluarkan oleh tubuh

manusia. Adapun beban penghuni yang dimaksud adalah beban dari *civitas akademik* untuk ruang kuliah 4 di Lantai IV Universitas XYZ. Dimana besarnya beban pengunjung ini dibagi menjadi 3 waktu, yaitu pada pukul 09:00, pukul 12:00, dan pukul 15:00 WIB. Namun yang akan dijadikan contoh perhitungan beban penghuni ini adalah banyaknya *civitas akademik* pada pukul 15:00 WIB. Besarnya *heat gain* yang dihasilkan oleh tubuh manusia dapat dihitung sebagai berikut:

Tabel 4.17 *Heat gain* yang dihasilkan dari beberapa kegiatan

Jenis Kegiatan (<i>person</i>)	<i>Heat Gain</i> (Btu / hr)
Ruang kelas	230
Laboratorium	315
Office work	255
Waiting room	210

Beban penghuni : $Q = q / \text{person} \times \text{No. of People} \times \text{CLF}$

$$Q = 230 \text{ Btu/hr} \times 39 \times 1$$

$$Q = 8970 \text{ Btu/hr}$$

4.2.2.3. Beban Peralatan

Pada ruang kuliah 4 di Lantai IV Universitas XYZ terdapat beberapa peralatan listrik yang dapat menghasilkan panas. Peralatan listrik tersebut dapat ditunjukkan pada tabel 4.18.

Tabel 4.18 Beban Peralatan Listrik pada ruang kuliah 4

No.	Nama Peralatan	Jumlah	<i>Heat Gain</i> per peralatan (Btu/hr)	<i>Heat Gain</i> Total (Btu/hr)	HG Total Ruang Kuliah 4 (Btu/hr)
1	Komputer	1	375,33	375,33	1690,33
2	Proyektor	1	1315	1315	

4.2.3. Total Beban Pendinginan

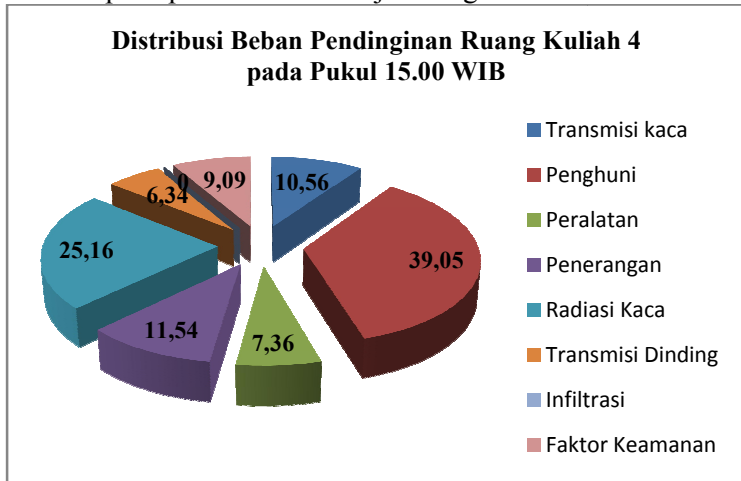
Total beban pendinginan pada ruang kuliah 4 adalah jumlah dari semua beban pendinginan eksternal dan internal.

Adapun total beban pendinginan pada ruang kuliah 4 ditunjukkan pada Tabel 4.19 sebagai berikut:

Tabel 4.19 Total Beban Pendinginan Ruang Kuliah 4 (Btu / hr)

Jam	Ruang Kuliah 4							
	Beban Pendingin Internal			Beban Pendingin Eksternal				Total
	Penghuni	Peralatan	Penerangan	Transmisi kaca	Radiasi Kaca	Transmisi Dinding	Infiltrasi	
09:00	9660	1690	2652	781	8704	1626	0	27624
12:00	10810	1690	2652	1740	7187	1457	0	28090
15:00	8970	1690	2652	2425	5779	1457	0	25270

Adapun distribusi setiap beban pendinginan ruang kuliah 4 pada pukul 15.00 ditunjukkan gambar 4.11 berikut:



Gambar 4.11 Distribusi Beban Pendinginan Ruang Kuliah 4 pada pukul 15:00 WIB

Dari gambar 4.11 distribusi beban pendinginan Ruang Kuliah 4 pada pukul 15:00 WIB, bahwa penyumbang panas terbesar berasal dari penghuni lalu beban radiasi melalui kaca diikuti beban penerangan, beban transmisi kaca, dan faktor keamanan. Sedangkan penyumbang panas terkecil adalah beban transmisi pada dinding.

4.2.4. Perbandingan Beban Pendinginan dengan Kapasitas AC

Pada ruang kuliah 4, sistem pendinginan yang digunakan adalah *air conditioner split duct* (AC-408), dengan kapasitas sebesar 150.000 Btu/Hr. Sistem pendinginan AC-408 ini dibagi untuk 3 ruang kuliah. Berikut adalah distribusi sistem pendinginan unit AC-408

Tabel 4.20 Distribusi Sistem Pendinginan Unit AC-408 di Lantai IV Universitas XYZ

AC	Kapasitas, Btu/hr	Distribusi ke Ruangan
AC-408	150.000	Ruang Kuliah 2
		Ruang Kuliah 3
		Ruang Kuliah 4

Berdasarkan tabel distribusi sistem pendinginan unit AC-408 menunjukkan nilai total kapasitas pendinginan sebesar 150.000 Btu/hr. Perbandingan beban pendinginan dan kapasitas AC yang terpasang menunjukkan bahwa ruang kuliah 4 sudah nyaman. Hal ini dapat dilihat bahwa kapasitas pendinginan pada AC yang terpasang lebih besar dibandingkan dengan beban pendinginan.

4.3 Analisa Beban Pendinginan

4.3.1. Analisa Beban Pendinginan pada Ruangan di Lantai IV dan VI Universitas XYZ

Analisa beban pendinginan pada ruangan yang ada di Lantai IV dan VI Universitas XYZ dilakukan dengan membandingkan nilai total beban pendinginan dengan kapasitas AC di Lantai IV dan VI Universitas XYZ yang mensuplai tiap ruangan. Adapun hasil perhitungan total beban pendinginan di Lantai IV dan VI Universitas XYZ pada pukul 09:00, pukul 12:00, pukul 15:00 ditunjukkan pada tabel 4.21 berikut.

Tabel 4.21 Hasil Perhitungan Beban Pendinginan pukul 09:00 WIB (Btu/hr)

Ruangan	Hasil Perhitungan Beban Pendinginan Pukul 09:00									Total
	Beban Pendingin Internal			Beban Pendingin Eksternal						
	Penghuni	Peralatan	Penerangan	Radiasi Faca	Transmisi Faca	Transmisi Dinding	Infiltrasi	Faktor Keamanan		
Lantai IV										
Perpustakaan Cetak	920	716	16794	6332	1172	2422	0	0	2836	31191
Ruang Kuliah 1	8510	1690	3241	0	0	0	0	0	1344	14785
Ruang Kuliah 2	7820	1690	3241	2110	391	580	0	0	1583	17415
Ruang Kuliah 3	8970	1690	2357	2110	391	580	0	0	1610	17708
Ruang Kuliah 4	9660	1690	2652	8704	781	1626	0	0	2511	27624
Ruang Kuliah 5	8280	1690	2357	6594	391	1046	0	0	2036	22393
Ruang Kuliah 6	8740	1690	2652	6594	391	1046	0	0	2111	23223
Ruang Kuliah 7	9890	1690	2357	0	0	0	0	0	1394	15331
Laboratorium Bio Kimia	23310	1338	24748	17455	1034	2198	0	0	7008	77090
Ruang Koordinator P2M										
Akutansi	510	773	1178	0	0	0	0	0	246	2708
Ruang Dosen	2550	3626	2357	0	0	1226	0	0	976	10735
Ruang Wakil Dekan 1	765	398	1670	3268	836	302	0	0	724	7963
Ruang Wakil Dekan 2	510	398	2210	2358	473	257	0	0	621	6826
Ruang Wakil Dekan 3	510	773	1866	1800	461	234	0	0	564	6208
Ruang Dekan	255	1216	1670	3221	824	298	0	0	748	8232
Ruang Tunggu Dekanat	630	23	589	0	0	0	0	0	124	1366
Ruang Rapat	2040	1713	1620	0	0	0	0	0	537	5911
Ruang Koordinator P2M										
Manajemen	1020	1216	1178	0	0	0	0	0	341	3756
Ruang Tamu	2100	4933	4174	0	0	0	0	0	1121	12327
Koridor	7350	0	18660	0	0	0	0	20132	4614	50756
Lantai VI										
Ruang Dosen 1	2295	3626	15910	2111	391	580	0	0	2491	27403
Ruang Kuliah 1	10350	1690	3241	0	0	0	0	0	1528	16809
Ruang Kuliah 2	8970	1690	3241	2110	391	580	0	0	1698	18680
Ruang Kuliah 3	8970	1690	2357	2110	391	580	0	0	1610	17708
Ruang Kuliah 4	9430	1690	2652	8704	781	1626	0	0	2488	27371
Ruang Kuliah 5	10580	1690	2357	6594	391	1046	0	0	2266	24923
Ruang Kuliah 6	10580	1690	2652	6594	391	1046	0	0	2295	25247
Ruang Kuliah 7	9890	1690	2357	0	0	0	0	0	1394	15331
Laboratorium Fisiologi	22680	1315	24748	17455	1034	2198	0	0	6943	76372
Ruang Dosen 2	2550	3626	2357	0	0	1226	0	0	976	10735
Ruang Wakil Dekan 1	765	398	1670	3268	836	302	0	0	724	7963
Ruang Wakil Dekan 2	765	398	2210	2358	473	257	0	0	646	7107
Ruang Wakil Dekan 3	510	773	1866	1800	461	234	0	0	564	6208
Ruang Dekan	510	1216	1670	3221	824	298	0	0	774	8513
Ruang Tunggu Dekanat	630	23	589	0	0	0	0	0	124	1366
Ruang Rapat	2295	1713	1620	0	0	0	0	0	563	6191
Ruang Penelitian Pengembangan dan Terapan Psikologi Kesehatan	2040	773	1178	0	0	0	0	0	399	4391
Ruang Pusat Psikometri Terapan	1020	1216	1178	0	0	0	0	0	341	3756
Ruang Tamu	2100	4933	4174	0	0	0	0	0	1121	12327
Koridor	7350	0	18660	0	0	0	0	20132	4614	50756
Laboratorium Eksperimen	3150	2839	5401	2111	391	1262	0	0	1515	16668
Laboratorium Pengembangan Anak	1260	0	2946	0	0	0	0	0	421	4627
Ruang Konsultasi	630	0	1178	0	0	0	0	0	181	1989
Ruang Tunggu Konsultasi	315	23	1178	0	0	0	0	0	152	1668
Laboratorium Observasi dan Wawancara	2205	0	2210	0	0	798	0	0	521	5734
Ruang Monitoring	1260	2274	2357	0	0	0	0	0	589	6481
Ruang Audiovisual	3465	3753	3535	0	0	0	0	0	1075	11829

Tabel 4.22 Hasil Perhitungan Beban Pendinginan pukul 12:00 WIB (Btu/hr)

Ruangan	Hasil Perhitungan Beban Pendinginan Pukul 12:00								Total
	Beban Pendingin Internal			Beban Pendingin Eksternal					
	Penghuni	Peralatan	Penerangan	Radiasi Kaca	Transmisi Kaca	Transmisi Dinding	Infiltrasi	Faktor Keamanan	
Lantai IV									
Perpustakaan Cetak	690	716	16794	6727	2610	2343	0	2988	32868
Ruang Kuliah 1	11040	1690	3241	0	0	0	0	1597	17568
Ruang Kuliah 2	9890	1690	3241	2242	870	495	0	1843	20272
Ruang Kuliah 3	10350	1690	2357	2242	870	495	0	1801	19806
Ruang Kuliah 4	10810	1690	2652	7187	1740	1457	0	2554	28090
Ruang Kuliah 5	9660	1690	2357	4945	870	961	0	2048	22532
Ruang Kuliah 6	10350	1690	2652	4945	870	961	0	2147	23616
Ruang Kuliah 7	10580	1690	2357	0	0	0	0	1463	16090
Laboratorium Bio Kimia	24570	1338	24748	13091	2303	2020	0	6807	74877
Ruang Koordinator P2M									
Akutansi	765	773	1178	0	0	0	0	272	2988
Ruang Dosen	4080	3626	2357	0	0	1332	0	1139	12534
Ruang Wakil Dekan 1	1275	398	1670	4159	1864	367	0	973	10706
Ruang Wakil Dekan 2	765	398	2210	3084	1053	280	0	779	8568
Ruang Wakil Dekan 3	1020	773	1866	2291	1026	285	0	726	7987
Ruang Dekan	1020	1216	1670	4099	1837	361	0	1020	11224
Ruang Tunggu Dekanat	1260	23	589	0	0	0	0	187	2059
Ruang Rapat	3315	1713	1620	0	0	0	0	665	7313
Ruang Koordinator P2M									
Manajemen	765	1216	1178	0	0	0	0	316	3476
Ruang Tamu	3150	4933	4174	0	0	0	0	1226	13482
Koridor	7770	0	18660	0	0	0	20132	4656	51218
Lantai VI									
Ruang Dosen 1	3315	3626	15910	2242	870	495	0	2646	29105
Ruang Kuliah 1	9890	1690	3241	0	0	0	0	1482	16303
Ruang Kuliah 2	9890	1690	3241	2242	870	495	0	1843	20272
Ruang Kuliah 3	10350	1690	2357	2242	870	495	0	1801	19806
Ruang Kuliah 4	9890	1690	2652	7187	1740	1457	0	2462	27078
Ruang Kuliah 5	9660	1690	2357	4945	870	961	0	2048	22532
Ruang Kuliah 6	10350	1690	2652	4945	870	961	0	2147	23616
Ruang Kuliah 7	10580	1690	2357	0	0	0	0	1463	16090
Laboratorium Fisiologi	22995	1315	24748	13091	2303	2020	0	6647	73120
Ruang Dosen 2	3825	3626	2357	0	0	1332	0	1114	12254
Ruang Wakil Dekan 1	1020	398	1670	4159	1864	367	0	948	10425
Ruang Wakil Dekan 2	1275	398	2210	3084	1053	280	0	830	9129
Ruang Wakil Dekan 3	765	773	1866	2291	1026	285	0	701	7706
Ruang Dekan	1020	1216	1670	4099	1837	361	0	1020	11224
Ruang Tunggu Dekanat	840	23	589	0	0	0	0	145	1597
Ruang Rapat	3060	1713	1620	0	0	0	0	639	7033
Ruang Penelitian Pengembangan dan Terapan Psikologi Kesehatan									
	3315	773	1178	0	0	0	0	527	5793
Ruang Pusat Psikometri Terapan									
	765	1216	1178	0	0	0	0	316	3476
Ruang Tamu	3150	4933	4174	0	0	0	0	1226	13482
Koridor	7770	0	18660	0	0	0	20132	4656	51218
Laboratorium Eksperimen	3465	2839	5401	2242	870	1352	0	1617	17787
Laboratorium Pengembangan Anak									
	1890	0	2946	0	0	0	0	484	5320
Ruang Konsultasi	945	0	1178	0	0	0	0	212	2336
Ruang Tunggu Konsultasi	630	23	1178	0	0	0	0	183	2014
Laboratorium Observasi dan Wawancara									
	3150	0	2210	0	0	682	0	604	6645
Ruang Monitoring	1575	2274	2357	0	0	0	0	621	6827
Ruang Audiovisual	2835	3753	3535	0	0	0	0	1012	11136

Tabel 4.23 Hasil Perhitungan Beban Pendinginan pukul 15:00 WIB (Btu/hr)

Ruangan	Hasil Perhitungan Beban Pendinginan Pukul 15:00								Total
	Beban Pendingin Internal			Beban Pendingin Eksternal					
	Penghuni	Peralatan	Penerangan	Radiasi Kaca	Transmisi kaca	Transmisi Dinding	Infiltrasi	Faktor Keamanan	
Lantai IV									
Perpustakaan Cetak	690	716	16794	4749	3638	2518	0	2910	32015
Ruang Kuliah 1	9430	1690	3241	0	0	0	0	1436	15797
Ruang Kuliah 2	11040	1690	3241	1583	1213	495	0	1926	21188
Ruang Kuliah 3	9890	1690	2357	1583	1213	495	0	1723	18951
Ruang Kuliah 4	8970	1690	2652	5779	2425	1457	0	2297	25270
Ruang Kuliah 5	8970	1690	2357	4196	1213	961	0	1939	21332
Ruang Kuliah 6	11040	1690	2652	4196	1213	961	0	2175	23927
Ruang Kuliah 7	8970	1690	2357	0	0	0	0	1302	14319
Laboratorium Bio Kimia	23625	1338	24748	11107	3210	2020	0	6605	72653
Ruang Koordinator P2M Akutansi	1020	773	1178	0	0	0	0	297	3269
Ruang Dosen	3060	3626	2357	0	0	1513	0	1056	11612
Ruang Wakil Dekan 1	510	398	1670	11884	2597	448	0	1751	19257
Ruang Wakil Dekan 2	510	398	2210	5443	1468	336	0	1036	11401
Ruang Wakil Dekan 3	510	773	1866	6545	1430	347	0	1147	12619
Ruang Dekan	765	1216	1670	11712	2560	441	0	1836	20200
Ruang Tunggu Dekanat	840	23	589	0	0	0	0	145	1597
Ruang Rapat	2295	1713	1620	0	0	0	0	563	6191
Ruang Koordinator P2M Manajemen	1020	1216	1178	0	0	0	0	341	3756
Ruang Tamu	1680	4933	4174	0	0	0	0	1079	11865
Koridor	8820	0	18660	0	0	0	20132	4761	52373
Lantai VI									
Ruang Dosen 1	3315	3626	15910	2242	870	495	0	2646	29105
Ruang Kuliah 1	9890	1690	3241	0	0	0	0	1482	16303
Ruang Kuliah 2	9890	1690	3241	2242	870	495	0	1843	20272
Ruang Kuliah 3	10350	1690	2357	2242	870	495	0	1801	19806
Ruang Kuliah 4	9890	1690	2652	7187	1740	1457	0	2462	27078
Ruang Kuliah 5	9660	1690	2357	4945	870	961	0	2048	22552
Ruang Kuliah 6	10350	1690	2652	4945	870	961	0	2147	23616
Ruang Kuliah 7	10580	1690	2357	0	0	0	0	1463	16090
Laboratorium Fisiologi	22995	1315	24748	13091	2303	2020	0	6647	73120
Ruang Dosen 2	3825	3626	2357	0	0	1332	0	1114	12254
Ruang Wakil Dekan 1	1020	398	1670	4159	1864	367	0	948	10423
Ruang Wakil Dekan 2	1275	398	2210	3084	1053	280	0	830	9129
Ruang Wakil Dekan 3	765	773	1866	2291	1026	285	0	701	7706
Ruang Dekan	1020	1216	1670	4099	1837	361	0	1020	11224
Ruang Tunggu Dekanat	840	23	589	0	0	0	0	145	1597
Ruang Rapat	3060	1713	1620	0	0	0	0	639	7033
Ruang Penelitian Pengembangan dan Terapan Psikologi Kesehatan	3315	773	1178	0	0	0	0	527	5793
Ruang Pusat Psikometri Terapan	765	1216	1178	0	0	0	0	316	3476
Ruang Tamu	3150	4933	4174	0	0	0	0	1226	13482
Koridor	7770	0	18660	0	0	0	20132	4656	51218
Laboratorium Eksperimen	3465	2839	5401	2242	870	1352	0	1617	17787
Laboratorium Pengembangan Anak	1890	0	2946	0	0	0	0	484	5320
Ruang Konsultasi	945	0	1178	0	0	0	0	212	2336
Ruang Tunggu Konsultasi	630	23	1178	0	0	0	0	183	2014
Laboratorium Observasi dan Wawancara	3150	0	2210	0	0	682	0	604	6645
Ruang Monitoring	1575	2274	2357	0	0	0	0	621	6827
Ruang Audiovisual	2835	3753	3535	0	0	0	0	1012	11136

Dari perhitungan beban pendinginan yang telah dilakukan pada pukul 09:00, 12:00, dan pukul 15:00 WIB

didapatkan kesimpulan bahwa total beban pendinginan terbesar adalah pada saat pukul 15:00 WIB. Tingkat kenyamanan suatu ruangan didapatkan dengan membandingkan besar beban pendinginan dengan kapasitas pendinginan pada suatu ruangan. Tabel 4.24 berikut akan menunjukkan kapasitas AC yang ada di Lantai IV dan VI Universitas XYZ

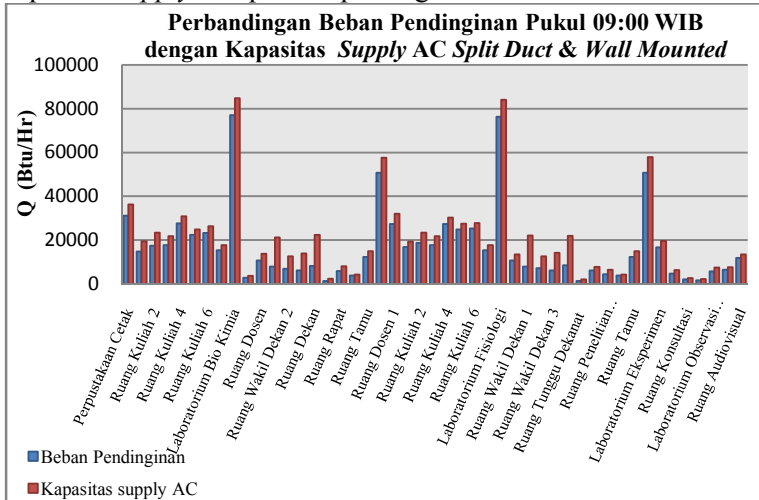
Tabel 4.24 Kapasitas *Supply* AC di Lantai IV dan VI Universitas XYZ

AC	Kapasitas tiap Ruang, Btu/Hr	Distribusi <i>supply</i> AC ke Ruangan
Lantai IV		
AC-402	97200	Perpustakaan Cetak
	16200	Ruang Dosen
AC-403	66300	Koridor
AC-404	27000	Ruang Wakil Dekan 1
	27000	Ruang Wakil Dekan 2
	27000	Ruang Wakil Dekan 3
	27000	Ruang Dekan
	23400	Ruang Tunggu Dekanat
AC-405	49950	Ruang Rapat
AC-406 WM	9600	Ruang Koordinator P2M Manajemen
AC-407	97200	Perpustakaan Cetak
AC-408	31800	Ruang Kuliah 2
	23850	Ruang Kuliah 3
	31800	Ruang Kuliah 4
AC-409	23850	Ruang Kuliah 1
	23850	Ruang Kuliah 5
	31800	Ruang Kuliah 6
	23850	Ruang Kuliah 7
	14700	Koridor
AC-410	72000	Ruang Tamu
AC-411	66300	Koridor
AC-412	23850	Laboratorium Biokimia
AC-413 WM	9600	Ruang Koordinator P2M Akutansi
Lantai VI		

AC-602	64800	Ruang Dosen 1
	16200	Ruang Dosen 2
	32400	Laboratorium Eksperimen
	32400	Laboratorium Observasi dan Wawancara
AC-603	66300	Koridor
AC-604	27000	Ruang Wakil Dekan 1
	27000	Ruang Wakil Dekan 2
	27000	Ruang Wakil Dekan 3
	27000	Ruang Dekan
	23400	Ruang Tunggu Dekanat
AC-605	49950	Ruang Rapat
AC-606 WM	9600	Ruang Penelitian Pengembangan dan Terapan Psikologi Kesehatan
AC-607	16200	Laboratorium Pengembangan Anak
	8100	Ruang Konsultasi
	8100	Ruang Tunggu Konsultasi
		Laboratorium Observasi dan Wawancara
	32400	
	16200	Ruang Monitoring
AC-608	16200	Ruang Audiovisual
	31800	Ruang Kuliah 2
	23850	Ruang Kuliah 3
	31800	Ruang Kuliah 4
AC-609	23850	Ruang Kuliah 1
	23850	Ruang Kuliah 5
	31800	Ruang Kuliah 6
	23850	Ruang Kuliah 7
	14700	Koridor
AC-610	72000	Ruang Tamu
AC-611	66300	Koridor
AC-612	23850	Laboratorium Fisiologi
AC-613 WM	9600	Ruang Pusat Psikometri Terapan

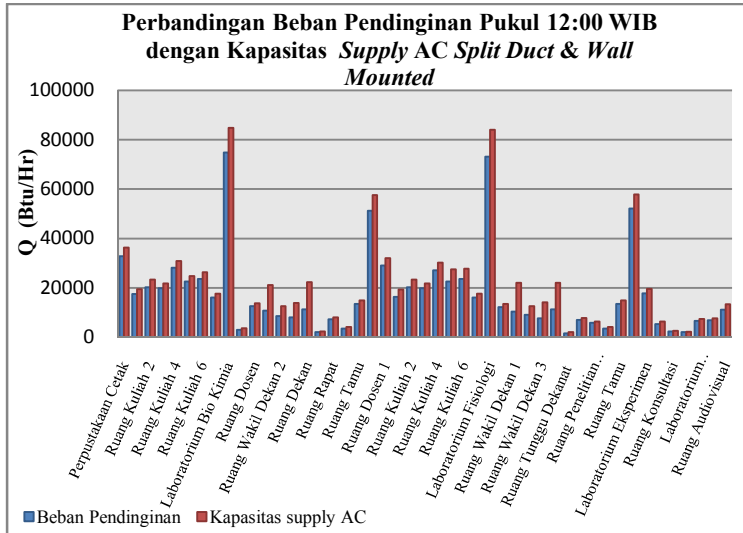
Setelah mengetahui beban pendinginan dan kapasitas *supply* AC yang terpasang, maka dapat dilakukan perbandingan antara beban pendinginan pada pukul 09:00, 12:00, dan pukul 15:00 WIB dengan kapasitas *supply* AC tiap ruangan. Perbandingan antara beban pendinginan dan kapasitas *supply* AC dilakukan untuk mengetahui kenyamanan

ruangan tersebut. Berikut adalah grafik yang akan menunjukkan perbandingan antara beban pendinginan dan kapasitas *supply* AC pada tiap ruangan.



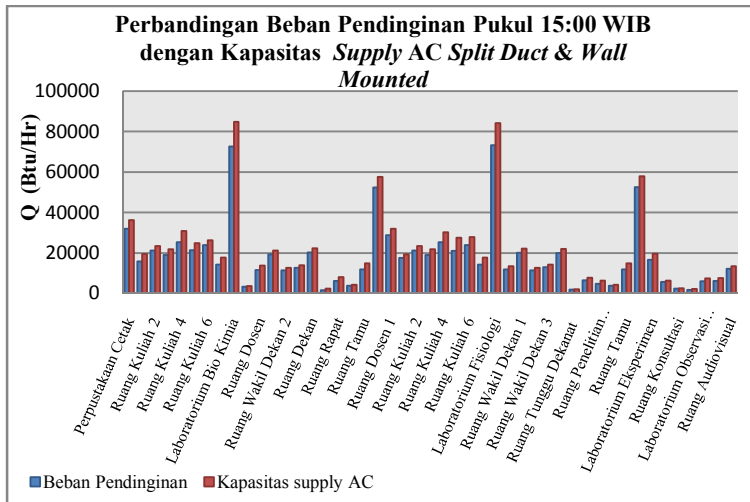
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Beban Pendinginan pada saat Pukul 09:00 WIB dengan Kapasitas *Supply* AC

Dari gambar 4.12 grafik perbandingan Beban Pendinginan pukul 09:00 WIB dengan kapasitas *supply* AC dapat disimpulkan bahwa beban pendinginan semua ruangan yang ada di Lantai IV dan VI Universitas XYZ lebih kecil daripada kapasitas *supply* AC tiap ruang. Hal ini menunjukkan bahwa ruangan tersebut sudah nyaman.



Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Beban Pendinginan pada saat Pukul 12:00 WIB dengan Kapasitas *Supply AC*

Dari gambar 4.13 grafik perbandingan Beban Pendinginan pukul 12:00 WIB dengan kapasitas *supply AC* dapat disimpulkan bahwa beban pendinginan semua ruangan yang ada di Lantai IV dan VI Universitas XYZ lebih kecil daripada kapasitas *supply AC* tiap ruang. Hal ini menunjukkan bahwa ruangan tersebut sudah nyaman.



Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Beban Pendinginan pada saat Pukul 15:00 WIB dengan Kapasitas *Supply AC*

Dari gambar 4.14 grafik perbandingan Beban Pendinginan pukul 15:00 WIB dengan kapasitas *supply AC* dapat disimpulkan bahwa beban pendinginan semua ruangan yang ada di Lantai IV dan VI Universitas XYZ lebih kecil daripada kapasitas *supply AC* tiap ruang. Hal ini menunjukkan bahwa ruangan tersebut sudah nyaman.

4.3.2 Rekomendasi Beban Pendinginan

Rekomendasi beban pendinginan diberikan untuk meningkatkan kenyamanan atau penghematan pada ruangan yang ada di Lantai IV dan VI Universitas XYZ. Rekomendasi yang diberikan antara lain sebagai berikut:

- **Penggantian tipe kaca *single glass* menjadi *double glass***

Adapun beban transmisi kaca yang diganti dari tipe single glass menjadi tipe double glass pada ruang kuliah 4 adalah sebagai berikut:

- Luas Kaca (A)

Luas kaca yang tersinari matahari pada ruang kuliah 4 Lantai IV Universitas XYZ terletak pada dinding sebelah *North West* (NW) dan *South West* (SW) dengan nilai luasan sebagai berikut:

$$L_{NW} = 65,875 \text{ ft}^2$$

$$L_{SW} = 65,875 \text{ ft}^2$$

$$\text{Luas Total Kaca} = 131,75 \text{ ft}^2$$

- *Overall Heat Transfer Coefficient* (U)

Dari tabel ASHRAE 3.14 A pada lampiran, didapatkan nilai U untuk kaca *double glass* yaitu $U = 0,52 \text{ Btu}/(\text{hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F})$

- *Cooling Load Temperature Difference Correction* (CLTD_c)

Nilai *Cooling Load Temperature Difference Correction* (CLTD_c) untuk kaca didapatkan dari persamaan sebagai berikut:

$$\text{CLTD}_c = \text{CLTD} + (78 - t_R) + (t_o - 85)$$

Dimana, nilai CLTD = 14 °F (tabel 4.7 CLTD (°F) untuk kaca pada *solar time* 15) dan nilai $t_R = 75,2 \text{ } ^\circ\text{F}$; $t_o = 85,9 \text{ } ^\circ\text{F}$ (t_o didapat dari persamaan 4.1)

$$t_o = \left\{ t_{o \max} - \left(\frac{t_{o \max} - t_{o \min}}{2} \right) \right\} \quad (4.1)$$

Dengan $t_{o \max} = 36 \text{ } ^\circ\text{C} = 96,8 \text{ } ^\circ\text{F}$; $t_{o \min} = 24 \text{ } ^\circ\text{C} = 75 \text{ } ^\circ\text{F}$

Sehingga didapatkan nilai CLTD_c sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{CLTD}_c &= 14 + (78 - 75,2) + (85,9 - 85) \\ &= 17,7 \text{ } ^\circ\text{F} \end{aligned}$$

- Beban Transmisi Melalui Kaca *double glass* (Q)

Nilai beban transmisi melalui kaca pada ruang kuliah 4 di Lantai IV Universitas XYZ dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q = U \times A \times \text{CLTD}_c$$

$$Q_{\text{transmisi kaca}} = 0,52 \text{ Btu}/(\text{hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}) \times 131,75 \text{ ft}^2 \times 17,7 ^\circ\text{F} \\ = 1212,627 \text{ Btu/hr}$$

- Perbandingan Beban Transmisi dari Kaca *Single Glass* ke *Double Glass*

Dengan penggantian kaca *single glass* menjadi kaca *double glass* pada ruang kuliah 4 dapat meminimalkan beban transmisi kaca. Beban transmisi kaca awal *single glass* sebesar 2425,254 Btu/hr, sedangkan beban transmisi kaca setelah diganti menjadi *double glass* sebesar 1212,627 Btu/hr. Adapun hasil beban transmisi kaca seluruh ruangan menggunakan kaca tipe *double glass* ditunjukkan pada tabel 4.25 berikut.

Tabel 4.25 Hasil Penghematan Beban Transmisi Kaca Tipe *Double Glass*

Ruang (transmisi kaca)	Q single glass (Btu / hr)			Q double glass (Btu / hr)			Penghematan (Btu / hr)		
	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00
Lantai IV									
Perpustakaan Cetak	1171,634	2610,482	3638,231	585,8168	1305,241	1819,115	585,8168	1305,241	1819,115
Ruang Kuliah 2	390,507	870,077	1212,627	195,2535	435,0385	606,3135	195,2535	435,0385	606,3135
Ruang Kuliah 3	390,507	870,077	1212,627	195,2535	435,0385	606,3135	195,2535	435,0385	606,3135
Ruang Kuliah 4	781,014	1740,154	2425,254	390,507	870,077	1212,627	390,507	870,077	1212,627
Ruang Kuliah 5	390,507	870,077	1212,627	195,2535	435,0385	606,3135	195,2535	435,0385	606,3135
Ruang Kuliah 6	390,507	870,077	1212,627	195,2535	435,0385	606,3135	195,2535	435,0385	606,3135
Laboratorium Bio Kimia	1033,76	2303,29	3210,097	516,8801	1151,645	1605,049	516,8801	1151,645	1605,049
Ruang Wakil Dekan 1	836,4586	1863,688	2597,424	418,2293	931,8442	1298,712	418,2293	931,8442	1298,712
Ruang Wakil Dekan 2	472,7639	1053,351	1468,056	236,382	526,6756	734,0282	236,382	526,6756	734,0282
Ruang Wakil Dekan 3	460,6471	1026,354	1430,43	230,3235	513,177	715,2152	230,3235	513,177	715,2152
Ruang Dekan	824,3358	1836,678	2559,78	412,1679	918,339	1279,89	412,1679	918,339	1279,89
Lantai VI									
Ruang Dosen 1	390,5426	870,1562	1212,737	195,2713	435,0781	606,3687	195,2713	435,0781	606,3687
Ruang Kuliah 2	390,507	870,077	1212,627	195,2535	435,0385	606,3135	195,2535	435,0385	606,3135
Ruang Kuliah 3	390,507	870,077	1212,627	195,2535	435,0385	606,3135	195,2535	435,0385	606,3135
Ruang Kuliah 4	781,014	1740,154	2425,254	390,507	870,077	1212,627	390,507	870,077	1212,627
Ruang Kuliah 5	390,507	870,077	1212,627	195,2535	435,0385	606,3135	195,2535	435,0385	606,3135
Ruang Kuliah 6	390,507	870,077	1212,627	195,2535	435,0385	606,3135	195,2535	435,0385	606,3135
Laboratorium Fisiologi	1033,76	2303,29	3210,097	516,8801	1151,645	1605,049	516,8801	1151,645	1605,049
Ruang Wakil Dekan 1	836,4586	1863,688	2597,424	418,2293	931,8442	1298,712	418,2293	931,8442	1298,712
Ruang Wakil Dekan 2	472,7639	1053,351	1468,056	236,382	526,6756	734,0282	236,382	526,6756	734,0282
Ruang Wakil Dekan 3	460,6471	1026,354	1430,43	230,3235	513,177	715,2152	230,3235	513,177	715,2152
Ruang Dekan	824,3358	1836,678	2559,78	412,1679	918,339	1279,89	412,1679	918,339	1279,89
Laboratorium Eksperimen	390,5426	870,1562	1212,737	195,2713	435,0781	606,3687	195,2713	435,0781	606,3687

Penggantian tipe kaca dari *single glass* menjadi *double glass* ini tak hanya berpengaruh pada beban transmisi, namun juga berpengaruh pada beban radiasi kaca. Adapun beban radiasi melalui kaca *double glass* pada ruang kuliah 4 adalah sebagai berikut:

- Luas Kaca (A)

Luas kaca yang terkena radiasi matahari pada ruang kuliah 4 di Lantai IV Universitas XYZ terletak pada dinding sebelah *North West* (NW) dan *South West* (SW) dengan nilai luasan sebagai berikut:

$$L_{NW} = 65,875 \text{ ft}^2$$

$$L_{SW} = 65,875 \text{ ft}^2$$

- *Solar Heat Gain Factor* (SHGF)

Nilai SHGF pada bulan Januari didapatkan dari Tabel 3.25. Untuk nilai SHGF NW = 71 Btu/(hr.ft²), dan SW = 242 Btu/(hr.ft²).

- *Shading Coefficient* (SC)

Berdasarkan jenis kaca yaitu *double glass* 1/4 in maka didapatkan nilai SC = 0,81 (Tabel ASHRAE 3.18)

- *Cooling Load Factor* (CLF)

Nilai CLF dapat dilihat pada lampiran (Tabel ASHRAE 3.28) pada *solar time* 15. Untuk nilai CLF_{NW} = 0,36, CLF_{SW} = 0,28.

- Beban Radiasi melalui Kaca (Q)

Beban radiasi melalui kaca (Q) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q = \text{SHGF} \times A \times \text{SC} \times \text{CLF}$$

$$\begin{aligned} Q_{NW} &= 71 \text{ Btu}/(\text{hr}.\text{ft}^2) \times 65,875 \text{ ft}^2 \times 0,81 \times 0,36 \\ &= 1363,85 \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{SW} &= 242 \text{ Btu}/(\text{hr}.\text{ft}^2) \times 65,875 \text{ ft}^2 \times 0,81 \times 0,28 \\ &= 3615,59 \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

Sehingga, didapatkan:

$$\begin{aligned} \text{Total } Q_{\text{radiasi}} &= Q_{NW} + Q_{SW} \\ &= 4979,439 \text{ Btu/hr} \end{aligned}$$

- Perbandingan Beban Radiasi dari Kaca *Single Glass* ke *Double Glass*

Dengan penggantian kaca *single glass* menjadi kaca *double glass* pada ruang kuliah 4 dapat meminimalkan beban radiasi kaca. Beban radiasi kaca awal dengan *single glass* sebesar 5778,608 Btu/hr. Sedangkan beban radiasi kaca

setelah diganti menjadi *double glass* sebesar 4979,439 Btu/hr. Adapun hasil beban radiasi kaca seluruh ruangan menggunakan kaca tipe *double glass* ditunjukkan pada tabel 4.26 berikut.

Tabel 4.26 Hasil Penghematan Beban Radiasi Kaca Tipe
Double Glass (Btu/hr)

Ruangan (transmisi kaca)	Q single glass (Btu / hr)			Q double glass (Btu / hr)			Penghematan (Btu / hr)		
	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00
Lantai IV									
Perpustakaan Cetak	6331,565	6727,288	4748,674	5455,923	5796,918	4091,942	875,642	930,3696	656,7315
Ruang Kuliah 2	2110,319	2242,214	1582,739	1818,466	1932,12	1363,85	291,8526	310,0934	218,8895
Ruang Kuliah 3	2110,319	2242,214	1582,739	1818,466	1932,12	1363,85	291,8526	310,0934	218,8895
Ruang Kuliah 4	2110,319	2242,214	1582,739	1818,466	1932,12	1363,85	291,8526	310,0934	218,8895
Ruang Kuliah 5	13187,02	9890,262	8391,737	11363,28	8522,46	7231,178	1823,736	1367,802	1160,559
Ruang Kuliah 6	6593,508	4945,131	4195,869	5681,64	4261,23	3615,589	911,8681	683,9011	580,2797
Laboratorium Bio Kimia	17454,5	13090,88	11107,41	15040,58	11280,44	9571,28	2413,921	1810,441	1536,131
Ruang Wakil Dekan 1	3268,171	4159,491	11884,26	2816,19	3584,242	10240,69	451,9811	575,2487	1643,568
Ruang Wakil Dekan 2	2358,428	3084,099	5442,527	2032,263	2657,574	4689,837	326,1656	426,5243	752,6899
Ruang Wakil Dekan 3	1799,818	2290,678	6544,794	1550,907	1973,882	5639,663	248,9111	316,7959	905,1311
Ruang Dekan	3220,806	4099,207	11712,02	2775,375	3532,296	10092,27	445,4306	566,9117	1619,748
Lantai VI									
Ruang Dosen 1	2110,511	2242,418	1582,883	1818,632	1932,296	1363,974	291,8792	310,1216	218,9094
Ruang Kuliah 2	2110,319	2242,214	1582,739	1818,466	1932,12	1363,85	291,8526	310,0934	218,8895
Ruang Kuliah 3	2110,319	2242,214	1582,739	1818,466	1932,12	1363,85	291,8526	310,0934	218,8895
Ruang Kuliah 4	8703,827	7187,345	5778,608	7500,106	6193,35	4979,439	1203,721	993,9945	799,1691
Ruang Kuliah 5	6593,508	4945,131	4195,869	5681,64	4261,23	3615,589	911,8681	683,9011	580,2797
Ruang Kuliah 6	6593,508	4945,131	4195,869	5681,64	4261,23	3615,589	911,8681	683,9011	580,2797
Laboratorium Fisiologi	17454,5	13090,88	11107,41	15040,58	11280,44	9571,28	2413,921	1810,441	1536,131
Ruang Wakil Dekan 1	3268,171	4159,491	11884,26	2816,19	3584,242	10240,69	451,9811	575,2487	1643,568
Ruang Wakil Dekan 2	2358,428	3084,099	5442,527	2032,263	2657,574	4689,837	326,1656	426,5243	752,6899
Ruang Wakil Dekan 3	1799,818	2290,678	6544,794	1550,907	1973,882	5639,663	248,9111	316,7959	905,1311
Ruang Dekan	3220,806	4099,207	11712,02	2775,375	3532,296	10092,27	445,4306	566,9117	1619,748
Laboratorium Eksperimen	2110,511	2242,418	1582,883	1818,632	1932,296	1363,974	291,8792	310,1216	218,9094

4.3.3.3 Peluang Penghematan Energi Dari Pergantian Kaca *Single Glass* Menjadi *Double Glass* di Lantai IV dan VI Universitas XYZ

Setelah diberikan rekomendasi pergantian kaca, maka penghematan yang akan didapat:

- o Menghitung daya yang dihemat setelah dilakukan rekomendasi pergantian kaca:

Hemat daya (Btu/hr) = Selisih antara beban transmisi kaca sebelum rekomendasi dengan sesudah rekomendasi + Selisih antara beban radiasi kaca sebelum rekomendasi dengan sesudah rekomendasi

Diambil contoh perhitungan pada waktu 15:00

$$= 21.573,4 \text{ Btu/hr} + 18.804,1 \text{ Btu/hr} = 40.377,5 \text{ Btu/hr}$$

- Menghitung pemakaian listrik yang dihemat per tahun setelah dilakukan rekomendasi pergantian kaca (Universitas beroperasi 11 jam per hari, senin sampai jumat dalam seminggu):

$$\text{kWh/tahun} = 40.377,5 \text{ Btu/hr} \times \frac{1 \text{ W}}{3,41 \text{ Btu}} \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \times \frac{11 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \times \frac{5 \text{ hari}}{1 \text{ minggu}} \times \frac{52 \text{ minggu}}{1 \text{ tahun}}$$

$$\text{kWh/tahun} = 33.865 \text{ kWh/tahun}$$

- Menghitung biaya yang dihemat per tahun setelah dilakukan rekomendasi pergantian kaca: Tarif dasar listrik untuk gedung Universitas XYZ ialah Rp. 1.467,28/kWh

$$\text{Penghematan / tahun} = 33.865 \frac{\text{kWh}}{\text{Tahun}} \times 1.467,28 \frac{\text{Rp}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Penghematan / tahun} = \text{Rp. } 49.689.442,- / \text{ tahun}$$

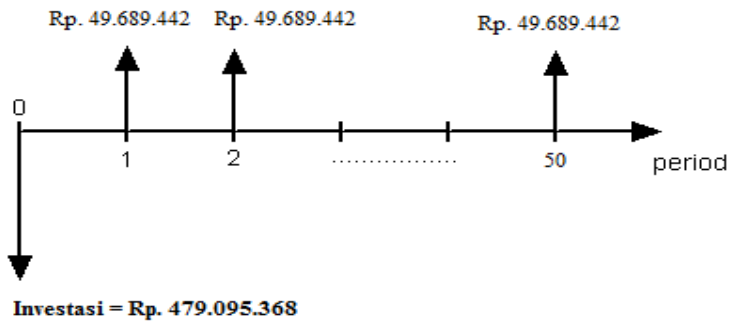
Menghitung *Net Present Value (NPV)* dan *simple payback period* untuk pergantian kaca dari *single glass* menjadi *double glass*

Biaya investasi dan penghematan untuk pergantian kaca adalah sebagai berikut:

Tabel 4.27 Besar Biaya Investasi dan Penghematan dengan Pergantian kaca

Keterangan	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
Investasi			
<i>Double Glass</i>	2344 m ²	198.000 / m ²	464.095.368
Biaya Jasa			15.000.000
Total			479.095.368
Penghematan			
Penghematan / tahun			49.689.442

Asumsi umur kaca *double glass* selama 50 tahun dengan $i = 10\%$



Gambar 4.15 *Cash Flow diagram* penggantian kaca

Dengan asumsi tingkat suku bunga per tahunnya 10% maka dapat dihitung nilai *NPV* sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 NPV &= - \text{Rp. } 479.095.368, - + \text{Rp. } 49.689.442, - \times (P/A, 10\%, 50) \\
 &= - \text{Rp. } 479.095.368, - + \text{Rp. } 49.689.442, - \times (9,915) \\
 &= \text{Rp. } 13.575.446, -
 \end{aligned}$$

Karena *NPV* memiliki harga positif, maka pergantian kaca layak dilakukan. Sedangkan *payback period* dari investasi tersebut dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Payback period} &= \frac{\text{Total Investasi}}{\text{Pendapatan rata-rata tahunan}} \times 1 \text{ Tahun} \\
 \text{Payback period} &= \frac{\text{Rp. } 479.095.368, -}{\text{Rp. } 49.689.442, -} \times 1 \text{ Tahun} \\
 &= 9,34 \text{ Tahun} = 9 \text{ Tahun, } 4 \text{ Bulan}
 \end{aligned}$$

4.4 Standar IKE (Indeks Konsumsi Energi)

4.4.1 Perhitungan IKE (Indeks Konsumsi Energi) Sebelum Dilakukannya Rekomendasi

Menurut Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta No.38 Tahun 2012 mengenai IKE yang disarankan ialah :

Tipe Bangunan	Rentang IKE (KWH/m ² /tahun)			Waktu Operasi Acuan (benchmark operational hours)
	Batas Bawah	Acuan	Batas Atas	
Perkantoran	210	250	285	10 jam/hari, 5 hari/minggu, 52 minggu/th = 2600 jam/th
Hotel	290	350	400	24 jam/hari, 7 hari/minggu, 52 minggu/th = 8736 jam/th
Apartemen	300	350	400	24 jam/hari, 7 hari/minggu, 52 minggu/th = 8736 jam/th
Sekolah	195	235	265	8 jam/hari, 5 hari/minggu, 52 minggu/th = 2080 jam/th
Rumah Sakit	320	400	450	24 jam/hari, 7 hari/minggu, 52 minggu/th = 8736 jam/th
Pertokoan	350	450	500	12 jam/hari, 7 hari/minggu, 52 minggu/th = 4368 jam/th

Gambar 4.16 Standar IKE menurut Pergub Provinsi DKI Jakarta No. 38 Tahun 2012

Tabel 4.28 Inventaris Peralatan Elektronik Pada Lantai IV Universitas XYZ

Jenis Peralatan	Konsumsi Daya (Watt)	Banyaknya Peralatan	Total
komputer	350	30	10.500
TV	90	2	180
lampu	18-36	780	55.380
printer	20	4	80
mesin fotocopy	1600	1	1.600
proyektor	250	9	2250
Lift	26700	8	213.600
Total Konsumsi Daya AC	59505,6	1	59.505,6
Total Konsumsi Daya (Watt)			343.645,6

Adapun untuk konsumsi daya listrik tahunan Universitas XYZ adalah sebagai berikut :

$$\text{kWh/tahun} = 343.645,6 \text{ Watt} \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \times \frac{11 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \times \frac{5 \text{ hari}}{1 \text{ minggu}} \times \frac{52 \text{ minggu}}{1 \text{ tahun}}$$

$$= 982826,4 \text{ kWh/tahun}$$

Maka IKE Universitas XYZ ialah :

$$\text{IKE} = \text{Total Konsumsi Energi (Watt / Tahun)} / \text{Luas Lantai (m}^2 \text{)}$$

$$\text{IKE} = 982826,4 \text{ kWh/tahun} / 3925,63 \text{ m}^2$$

$$\text{IKE} = 250,63 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \times \text{tahun}} \right)$$

Menurut Pergub Provinsi DKI Jakarta No. 38 Tahun 2012, IKE (Indeks Konsumsi Energi) untuk sekolah yaitu sebesar $235 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \times \text{Tahun}} \right)$, dengan batas minimum sebesar $195 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \times \text{Tahun}} \right)$

dan batas maksimum sebesar $265 \left(\frac{kWh}{m^2 \times Tahun} \right)$, dari perhitungan diatas dapat diketahui IKE Universitas XYZ masih dalam rentang yang diperbolehkan.

4.4.2 Perhitungan IKE (Indeks Konsumsi Energi) Setelah Dilakukannya Rekomendasi

Setelah dilakukannya rekomendasi penggantian lampu maka konsumsi daya listrik total ialah :

Hemat daya (Watt) = Konsumsi daya saat ini - Konsumsi daya setelah rekomendasi

$$= 55380 \text{ watt} - 47556 \text{ watt}$$

$$= 7.824 \text{ watt}$$

$$\begin{aligned} kWh/tahun &= 335821,6 \text{ Watt} \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \times \frac{11 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \times \frac{5 \text{ hari}}{1 \text{ minggu}} \times \frac{52 \text{ minggu}}{1 \text{ tahun}} \\ &= 960449,8 \text{ kWh/tahun} \end{aligned}$$

Maka IKE Universitas XYZ ialah :

$IKE = \text{Total Konsumsi Energi (Watt / Tahun)} / \text{Luas Lantai (m}^2 \text{)}$

$$IKE = 960449,8 \text{ kWh/tahun} / 3925,63 \text{ m}^2$$

$$IKE = 244,66 \left(\frac{kWh}{m^2 \times tahun} \right)$$

Menurut Pergub Provinsi DKI Jakarta No. 38 Tahun 2012, IKE (Indeks Konsumsi Energi) untuk sekolah yaitu sebesar $235 \left(\frac{kWh}{m^2 \times Tahun} \right)$, dengan batas minimum sebesar $195 \left(\frac{kWh}{m^2 \times Tahun} \right)$ dan batas maksimum sebesar $265 \left(\frac{kWh}{m^2 \times Tahun} \right)$, dari perhitungan diatas setelah dilakukannya rekomendasi penggantian lampu dapat diketahui IKE Universitas XYZ masih dalam rentang yang diperbolehkan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian Tugas Akhir adalah sebagai berikut:

1. Ruangan yang intensitas sistem penerangannya nyaman intensitas dan hemat daya menurut standar SNI 03–6197–2000 sebelum rekomendasi yaitu Perpustakaan Cetak, Ruang Kuliah 1 - Ruang Kuliah 7 pada lantai IV dan VI
2. Setelah diberikan rekomendasi penggantian lampu, seluruh ruangan sistem penerangannya sudah nyaman intensitas cahaya (E, Lux) dan hemat daya (W/m²) menurut standar SNI 03–6197–2000.
3. Ruangan yang sistem pengkondisian udaranya nyaman sebelum rekomendasi ialah seluruh ruangan pada lantai IV dan VI.
4. Penghematan sistem penerangan setelah dilakukan penggantian lampu yaitu sebesar 22.376,64 kWh/tahun sehingga mampu menghemat Rp. 32.832.796 setiap tahun.
5. Total penurunan beban pendinginan setelah melakukan penggantian kaca dari tipe kaca *single glass* menjadi *double glass* dari seluruh ruangan di lantai IV dan VI sebesar 33865 kWh/tahun, sehingga mampu menghemat sebesar Rp 49.689.442 setiap tahun.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan kepada pihak Management Universitas XYZ adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat ditindak lanjuti agar didapatkan langkah penghematan energi di Universitas XYZ.
2. Rekomendasi yang diberikan pada penelitian Tugas Akhir ini dapat diimplementasikan secara bertahap oleh Pihak Management Universitas XYZ.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) ASHRAE. 1997. **ASHRAE-HANDBOOK-1997 Fundamental**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers.
- 2) Azizah, Dwina S.N. 2015. **Evaluasi Peluang Penghematan Energi Pada Lantai Ground Gedung Mall CDE di Surabaya dengan Analisa Sistem Penerangan dan Beban Pendinginan**. Surabaya : Tugas Akhir, ITS Surabaya.
- 3) Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2013. **Outlook Energi Indonesia 2013**. Jakarta: Pusat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi.
- 4) Incopera, Frank P. 2007. **Fundamental of Heat and Mass Transfer, Sixth Edition**. Hoboken. New Jersey : John Willey & Sons, Inc.
- 5) Ningrum, Dwina A.S. 2015. **Evaluasi Peluang Penghematan Energi Pada Lantai Ground Gedung Mall "CDE" Di Surabaya Dengan Analisa Sistem Penerangan Dan Beban Pendinginan**. Surabaya : Tugas Akhir, ITS Surabaya.
- 6) Nyoman, Pujawan. 2008. **Ekonomi Teknik**. Surabaya : Guna Widjaya.
- 7) Pergub Provinsi DKI Jakarta No. 38 Tahun 2012. **Standard IKE Bangunan**.

- 8) Pita, Edward G. 1981. **Air Conditioning Principles and Systems An Energy Approach**. United States of America : John Wiley & Sons, Inc.
- 9) SNI 03-6390-2000. **Konservasi energi sistem tata udara pada bangunan gedung**
- 10) Stoecker, W.F, 1996. **Refrigerasi dan Pengkondisian Udara**. Jakarta : Erlangga.
- 11) Sundarion, Laura. 2012. **Evaluasi Peluang Penghematan Energi pada Lantai 3 Gedung Mall di Surabaya dengan Metode Analisa Beban Pendingin**. Surabaya : Tugas Akhir, ITS Surabaya.

LAMPIRAN

Lampiran A

a. Tabel Wall Construction Group Description (ASHRAE Table 3.9)

3.20

Cooling and Heating Load Calculation Manual

Table 3.9 Wall Construction Group Description

Group No.	Description of Construction	Weight (lb/ft ²)	U-Value Btu/(hr·ft ² ·°F)	Heat Capacity Btu/(ft ² ·°F)	Code Numbers of Layers (See Table 3.11)
4-in. Face Brick+(Brick)					
C	Air Space+4-in. Face Brick	83	0.358	18.3	A0, A2, B1, A2, E0
D	4-in. Common Brick	90	0.415	18.4	A0, A2, C4, E1, E0
C	1-in. Insulation or Air space+4-in. Common Brick	90	0.174-0.301	18.4	A0, A2, C4, B1/B2, E1, E0
B	2-in. Insulation+4-in. Common Brick	88	0.111	18.5	A0, A2, B3, C4, E1, E0
B	8-in. Common Brick	130	0.302	26.4	A0, A2, C9, E1, E0
A	Insulation or Air space+8-in. Common Brick	130	0.154-0.243	26.4	A0, A2, C9, B1/B2, E1, E0
4-in. Face Brick+(H, W, Concrete)					
C	Air Space+2-in. Concrete	94	0.350	19.7	A0, A2, B1, C5, E1, E0
B	2-in. Insulation+4-in. concrete	97	0.116	19.8	A0, A2, B3, C5, E1, E0
A	Air Space or Insulation+8-in. or more Concrete	143-190	0.110-0.112	29.1-38.4	A0, A2, B1, C10/11, E1, E0
4-in. Face Brick+(L, W, or H, W, Concrete Block)					
E	4-in. Block	62	0.319	12.9	A0, A2, C2, E1, E0
D	Air Space or Insulation+4-in. Block	62	0.153-0.246	12.9	A0, A2, C2, B1/B2, E1, E0
D	8-in. Block	70	0.274	15.1	A0, A2, C7, A6, E0
C	Air Space or 1-in. Insulation+6-in. or 8-in. Block	73-89	0.221-0.275	15.5-18.5	A0, A2, B1, C7/C8, E1, E0
B	2-in. Insulation+8-in. Block	89	0.096-0.107	15.5-18.6	A0, A2, B3, C7/C8, E1, E0
4-in Face Brick+(Clay Tile)					
D	4-in. Tile	71	0.381	15.1	A0, A2, C1, E1, E0
D	Air Space+4-in. Tile	71	0.281	15.1	A0, A2, C1, B1, E1, E0
C	Insulation+4-in. Tile	71	0.169	15.1	A0, A2, C1, B2, E1, E0
C	8-in. Tile	96	0.275	19.7	A0, A2, C6, E1, E0
D	Air Space or 1-in. Insulation+8-in. Tile	96	0.142-0.221	19.7	A0, A2, C6, B1/B2, E1, E0
A	2-in. Insulation+8-in. Tile	97	0.097	19.8	A0, A2, B3, C6, E1, E0
H, W, Concrete Wall+(Finish)					
E	4-in. Concrete	63	0.585	12.5	A0, A1, C5, E1, E0
D	4-in. Concrete+1-in. or 2-in. Insulation	63	0.119-0.200	12.5	A0, A1, C5, B2/B3, E1, E0
C	2-in. Insulation+4-in. Concrete	63	0.119	12.7	A0, A1, B6, C5, E1, E0
C	8-in. Concrete	109	0.490	21.9	A0, A1, C10, E1, E0
B	8-in. Concrete+1-in. or 2-in. Insulation	110	0.115-0.187	22.0	A0, A1, C10, B5/B6, E1, E0
A	2-in. Insulation+8-in. Concrete	110	0.115	21.9	A0, A1, B3, C10, E1, E0
B	12-in. Concrete	156	0.421	31.2	A0, A1, C11, E1, E0
A	12-in. Concrete+Insulation	156	0.113	31.3	A0, C11, B6, A6, E0
L, W, and H, W, Concrete Block+(Finish)					
F	4-in. Block+Air Space/Insulation	29-36	0.161-0.263	5.7-7.2	A0, A1, C2, B1/B2, E1, E0
E	2-in. Insulation+4-in. Block	29-37	0.105-0.114	5.8-7.3	A0, A1, B1, C2/C3, E1, E0
E	8-in. Block	41-57	0.294-0.402	6.3-11.3	A0, A1, C7/C8, E1, E0
D	8-in. Block+Air Space/Insulation	41-57	0.149-0.173	8.3-11.3	A0, A1, C7/C8, B2, E1, E0
Clay Tile+(Finish)					
F	4-in. Tile	39	0.419	7.8	A0, A1, C1, E1, E0
F	4-in. Tile+Air space	39	0.303	7.8	A0, A1, C1, B1, E1, E0
E	4-in. Tile+1-in. Insulation	39	0.175	7.9	A0, A1, C1, B2, E1, E0
D	2-in. Insulation+4-in. Tile	40	0.110	7.9	A0, A1, B3, C1, E1, E0
D	8-in. Tile	63	0.296	12.5	A0, A1, C6, E1, E0
C	8-in. Tile+Air Space/1-in. Insulation	63	0.151-0.231	12.6	A0, A1, C6, B1/B2, E1, E0
B	2-in. Insulation+8-in. Tile	63	0.099	12.6	A0, A1, B3, C6, E1, E0
Metal Curtain Wall					
G	With/without Air Space+1-in./2-in./3-in. Insulation	5-6	0.091-0.230	0.7	A0, A3, B5/B6/B12, A3, E0
Frame Wall					
G	1-in. (o 3-in. Insulation	16	0.081-0.178	3.2	A0, A1, B1, B2/B3/B4, E1, E0

b. Tabel Overall Coefficients of Heat Transmission (*U-Factor*) of Windows and Skylights, Btu/(hr·ft²·°F) (Table ASHRAE 3.14A)

Table 3.14A Overall Coefficients of Heat Transmission (*U-Factor*) of Windows and Skylights, Btu/(hr·ft²·F)

Description	Exterior Vertical Panels				Exterior Horizontal Panels (Skylights)	
	Summer**		Winter*		Summer ^j	Winter ⁱ
	No Indoor Shade	Indoor Shade***	No Indoor Shade	Indoor Shade***		
Flat Glass ^b						
Single Glass	1.04	0.81	1.10	0.83	0.83	1.23
Insulating Glass, Double ^c						
3/16 in. air space ^d	0.65	0.58	0.62	0.52	0.57	0.70
1/4 in. air space ^d	0.61	0.55	0.58	0.48	0.54	0.65
1/2 in. air space ^e	0.56	0.52	0.49	0.42	0.49	0.59
1/2 in. air space, low emittance coating ^f						
<i>e</i> = 0.20	0.38	0.37	0.32	0.30	0.36	0.48
<i>e</i> = 0.40	0.45	0.44	0.38	0.35	0.42	0.52
<i>e</i> = 0.60	0.51	0.48	0.43	0.38	0.46	0.56
Insulating Glass, Triple ^c						
1/4 in. air space ^d	0.44	0.40	0.39	0.31		
1/2 in. air space ^g	0.39	0.36	0.31	0.26		
Storm Windows						
1 in. to 4 in. air spaces ^d	0.50	0.48	0.50	0.42		
Plastic Bubbles ^h						
Single					0.80	1.15
Double					0.46	0.70

c. Tabel Cooling Load Temperature Differences for Calculating Cooling Load from Sunlit Walls (ASHRAE Table 3.10)

Table 3.10 Cooling Load Temperature Differences for Calculating Cooling Load from Sunlit Walls

	Solar Time, hr																							Hr of					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	CLTD	Mini- CLTD	Maxi- CLTD	Difference CLTD	
North Latitude																													
Wall Facing																													
N	14	14	14	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	2	10	14	4	5	
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	16	16	17	18	18	19	19	20	20	20	20	22	15	20	5	20	5	
E	24	24	23	23	22	21	20	19	18	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25	22	18	25	7	25	
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	19	20	21	22	23	24	24	24	24	24	24	22	18	24	6	24	
S	20	20	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20	23	14	20	6	20	
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	18	17	17	17	18	19	19	20	22	23	23	24	25	24	17	25	8	25	
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	18	18	18	18	19	20	22	23	23	26	26	1	18	27	9	27	
NW	21	21	21	20	20	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21	1	14	21	7	21	
Group B Walls																													
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	9	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	24	8	15	7	15	
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	21	21	20	20	21	12	21	9	21	9	
E	23	22	21	20	19	18	17	16	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	25	24	20	15	27	12	27	
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	25	24	21	14	26	12	26	
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	23	11	22	11	22	11	
SW	26	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	14	15	17	20	22	25	27	28	28	24	13	28	15	28	
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29	24	14	30	16	29	16	
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22	23	24	11	23	9	23	
Group C Walls																													
N	15	14	13	12	10	9	7	6	6	6	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	16	22	7	17	10	17	
NE	19	17	16	14	13	11	10	8	8	8	8	9	11	13	15	17	19	20	21	22	23	23	23	21	20	20	10	23	
E	22	21	19	17	15	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	29	30	29	28	27	26	24	18	12	30	18	27	18	
SE	22	21	19	17	15	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	28	27	26	24	19	12	29	17	29	
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	24	22	20	9	26	17	26	
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	32	31	22	11	33	22	33	
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	33	22	12	35	23	35	
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	26	22	10	27	17	27	
Group D Walls																													
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	18	16	21	6	19	13	19	
NE	17	15	13	11	10	8	7	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	18	16	21	7	25	25	25	
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	31	30	28	26	24	22	16	8	33	25	33	
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	31	30	28	26	24	22	17	8	32	24	32	
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	27	26	22	19	6	29	23	29	
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	37	34	31	21	8	38	30	38	30	
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	21	9	41	32	
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	11	14	18	22	27	31	32	32	27	22	7	32	25	32	
Group E Walls																													
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14	20	3	22	19	
NE	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15	16	4	26	22	
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17	13	38	33	38	
SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17	15	5	37	32	
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17	17	3	34	31	
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26	19	5	45	40	
W	25	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29	20	6	49	43	
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24	20	5	38	33	
Group F Walls																													
N	8	6	5	3	2	1	2	4	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	11	19	1	24	23
NE	9	7	5	3	2	1	5	14	23	28	30	29	28	27	27	27	26	24	22	19	16	13	11	11	1	30	29	40	
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12	2	45	43	48	
SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12	13	2	43	41	
S	10	8	6	4	3	2	1	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12	16	1	39	38	
SW	15	11	9	6	5	3	2	4	7	8	11	17	26	35	44	50	53	52	45	37	28	23	18	12	2	53	51	58	
W	17	13	10	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21	9	3	60	57	
NW	14	10	8	6	4	3	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18	19	2	46	44	54	
Group G Walls																													
N	3	2	1	0	-1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5	18	-1	26	27	
NE	3	2	1	0	-1	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5	9	-1	39	40	
E	4	2	1	0	-1	11	31	47	54	55	50	43	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6	4	0	-1	55	56	
SE	4	2	1	0	-1	11	31	47	54	55	50	43	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6	4	0	-1	55	56	
S	4	2	1	0	-1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5	14	-1	46	47	
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8	16	0	63	63	
W	6	5	4	2	1	0	1	5	10	15	22	34	48	61	73	81	83	68	48	32	22	16	11	8	20	0	81	81	
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	55	41	25	17	13	10	8	18	0	55	55	

d. Tabel CLTD Correction for Latitude and Month Applied to Walls and Roofs, North Latitude (ASHRAE Table 3.12)

Table 3.12 CLTD Correction For Latitude and Month Applied to Walls and Roofs, North Latitudes

Lat.	Month	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HOR
0	Dec	-3	-5	-5	-5	-2	0	3	6	9	-1
	Jan/Nov	-3	-5	-4	-4	-1	0	2	4	7	-1
	Feb/Oct	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	Mar/Sept	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-8	0
	Apr/Aug	5	4	3	0	-2	-5	-6	-8	-8	-2
	May/Jul	10	7	5	0	-3	-7	-8	-9	-8	-4
8	Jun	12	9	5	0	-3	-7	-9	-10	-8	-5
	Dec	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12	-5
	Jan/Nov	-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10	-4
	Feb/Oct	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-1
	Mar/Sept	-3	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	-5	-1
	Apr/Aug	2	2	2	0	-1	-4	-5	-7	-7	-1
16	May/Jul	7	5	4	0	-2	-5	-7	-9	-7	-2
	Jun	9	6	4	0	-2	-6	-8	-9	-7	-2
	Dec	-4	-6	-8	-8	-4	-1	4	9	13	-9
	Jan/Nov	-4	-6	-7	-7	-4	-1	4	8	12	-7
	Feb/Oct	-3	-5	-5	-4	-2	0	2	5	7	-4
	Mar/Sept	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	0	-1
24	Apr/Aug	-1	0	-1	-1	-1	-3	-3	-5	-6	0
	May/Jul	4	3	3	0	-3	-5	-7	-7	-7	0
	Jun	6	4	4	1	-1	-4	-6	-8	-7	0
	Dec	-5	-7	-9	-10	-7	-3	3	9	13	-13
	Jan/Nov	-4	-6	-8	-9	-6	-3	3	9	13	-11
	Feb/Oct	-5	-5	-6	-6	-3	-3	3	7	10	-7
32	Mar/Sept	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-3
	Apr/Aug	-2	-1	0	-1	-1	-2	-1	-2	-3	0
	May/Jul	1	2	2	0	0	-3	-3	-5	-6	1
	Jun	3	3	3	1	0	-3	-4	-6	-6	1
	Dec	-5	-7	-10	-11	-8	-5	2	9	12	-17
	Jan/Nov	-5	-7	-9	-11	-8	-4	2	9	12	-15
40	Feb/Oct	-4	-6	-7	-8	-4	-2	4	8	11	-10
	Mar/Sept	-3	-4	-4	-4	-2	-1	3	5	7	-5
	Apr/Aug	-2	-2	-1	-2	0	-1	0	1	1	-1
	May/Jul	1	1	1	0	0	-1	-1	-3	-3	1
	Jun	1	2	2	1	0	-2	-2	-4	-4	2
	Dec	-6	-8	-10	-13	-10	-7	0	7	10	-21
48	Jan/Nov	-5	-7	-10	-12	-9	-6	1	8	11	-19
	Feb/Oct	-5	-7	-8	-9	-6	-3	3	8	12	-14
	Mar/Sept	-4	-5	-5	-6	-3	-1	4	7	10	-8
	Apr/Aug	-2	-3	-2	-2	0	0	2	3	4	-3
	May/Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Jun	1	1	1	0	1	0	0	-1	-1	2
56	Dec	-6	-8	-11	-14	-13	-10	-3	2	6	-25
	Jan/Nov	-6	-8	-11	-13	-11	-8	-1	5	8	-24
	Feb/Oct	-5	-7	-10	-11	-8	-5	1	8	11	-18
	Mar/Sept	-4	-6	-6	-7	-4	-1	4	8	11	-11
	Apr/Aug	-3	-3	-3	-3	-1	0	4	6	7	-5
	May/Jul	0	-1	0	0	1	1	3	3	4	0
64	Jun	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2
	Dec	-7	-9	-12	-16	-17	-18	-16	-14	-12	-30
	Jan/Nov	-7	-9	-12	-16	-16	-16	-13	-10	-8	-29
	Feb/Oct	-6	-8	-11	-14	-13	-10	-4	1	4	-26
	Mar/Sept	-5	-7	-9	-10	-7	-4	2	7	11	-20
	Apr/Aug	-3	-4	-4	-4	-1	1	5	9	11	-11
72	May/Jul	1	0	1	0	3	4	6	8	10	-3
	Jun	2	2	2	2	4	4	6	7	9	0

(1) Corrections in this table are in degrees F. The correction is applied directly to the CLTD for a wall or roof as given in Tables 3.10 and 3.8.

(2) The CLTD correction given in this table is *not* applicable to Table 3.23, Cooling Load Temperature Differences for Conduction through Glass.

(3) For South latitudes, replace Jan. through Dec. by July through June.

e. Tabel Cooling Load Temperature Difference for Conduction Through Glass and Conduction Through Doors (ASHRAE 3.23)

Table 3.23 Cooling Load Temperature Difference for Conduction Through Glass and Conduction Through Doors

Solar Time, hr																							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
CLTD, F																							
10	-1	-2	-2	-2	-2	0	2	4	7	9	12	13	14	14	13	12	10	8	6	4	3	2	

f. Tabel Shading Coefficient for Glass Without or With Interior Shading by Venetian Blinds or Roller Shades (ASHRAE Table 3.18)

Table 3.18 Shading Coefficients for Glass Without or With Interior Shading by Venetian Blinds or Roller Shades

	Type of Glass	Nominal Thickness Each Light ^a	Solar Trans. ^b	No Interior Shading		Type of Interior Shading				
				$h_o = 4.0$	$h_o = 3.0$	Venetian Blinds		Roller Shades		
						Medium	Light	Opaque Dark	Light	Translucent
SINGLE GLASS	Single Clear	3/32 to 1/4	0.87-0.80	1.00	1.00					
	Clear	1/4 to 1/2	0.80-0.71	0.94	0.95					
	Clear	3/8	0.72	0.90	0.92					
	Clear	1/2	0.67	0.87	0.88	0.64	0.55	0.59	0.25	0.39
	Clear Pattern	1/8 to 9/32	0.87-0.79	0.83	0.85					
	Heat Absorbing Pattern	1/8		0.83	0.85					
	Heat Absorbing ^c	3/16 to 1/4	0.46	0.69	0.73					
	Heat Absorbing Pattern	3/16 to 1/4		0.69	0.73	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36
	Tinted	1/8 to 7/32	0.59-0.45	0.69	0.73					
	Heat Absorbing or Pattern		0.44-0.30	0.60	0.64	0.54	0.52	0.40	0.28	0.32
	Heat Absorbing ^c	3/8	0.34	0.60	0.64					
	Heat Absorbing or Pattern	1/2	0.44-0.30	0.53	0.58	0.42	0.40	0.36	0.28	0.31
	Reflective Coated Glass			0.30		0.40	0.23			
				0.40		0.33	0.29			
				0.50		0.42	0.38			
				0.60		0.50	0.44			
INSULATING GLASS	Double ^d									
	Clear Out	3/32, 1/8	0.71 ^a	0.88	0.88	0.57	0.51	0.60	0.25	0.37
	Clear In									
	Clear Out	1/4	0.61 ^a	0.81	0.82					
	Clear In									
	Heat Absorbing Out	1/4	0.36 ^a	0.55	0.58					
	Clear In					0.39	0.36	0.40	0.22	0.30
	Reflective Coated Glass			0.20		0.19	0.18			
				0.30		0.27	0.26			
				0.40		0.34	0.33			
Triple	Clear									
	Clear	1/4		0.71						
	Clear	1/8		0.80						

^a Refer to manufacturer's literature for values.

^b For vertical blinds with opaque white and beige louvers in the tightly closed position, SC is 0.25 and 0.29 when used with glass of 0.71 to 0.80 transmittance.

^c Refers to grey, bronze and green tinted heat-absorbing glass.

^d Refers to factory-fabricated units with 3/16, 1/4 or 1/2 in. air space or to prime windows plus storm windows.

g. Tabel Maximum Solar Heat Gain Factor for Sunlit Glass, North Latitudes (ASHRAE Table 3.25)

Table 3.25 Maximum Solar Heat Gain Factor, Btu/(hr · ft²) for Sunlit Glass, North Latitudes

0 Deg												
	N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR		
Jan.	34	34	88	177	234	254	235	182	118	296		
Feb.	36	39	132	205	245	247	210	141	67	306		
Mar.	38	87	170	223	242	223	170	87	38	303		
Apr.	71	134	193	224	221	184	118	38	37	284		
May	113	164	203	218	201	154	80	37	37	265		
June	129	173	206	212	191	140	66	37	37	255		
July	115	164	201	213	195	149	77	38	38	260		
Aug.	75	134	187	216	212	175	112	39	38	276		
Sep.	40	84	163	213	231	213	163	84	40	293		
Oct.	37	40	129	199	236	238	202	135	66	299		
Nov.	35	35	88	175	230	250	230	179	117	293		
Dec.	34	34	71	164	226	253	240	196	138	288		

4 Deg												
	N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR		
Jan.	33	33	79	170	229	252	237	193	141	286		
Feb.	35	35	123	199	242	248	215	152	88	301		
Mar.	38	77	163	219	242	227	177	96	43	302		
Apr.	55	125	189	223	223	190	126	43	38	287		
May	93	154	200	220	206	161	89	38	38	272		
June	110	164	202	215	196	147	73	38	38	263		
July	96	154	197	215	200	156	85	39	38	267		
Aug.	59	124	184	215	214	181	120	42	40	279		
Sep.	35	75	156	209	231	216	170	93	44	293		
Oct.	36	36	120	193	234	239	207	148	86	294		
Nov.	34	34	79	168	226	248	232	190	139	284		
Dec.	33	33	62	157	221	250	242	206	160	277		

8 Deg												
	N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR		
Jan.	32	32	71	163	224	250	242	203	162	275		
Feb.	34	34	114	193	239	248	219	165	110	294		
Mar.	37	67	156	215	241	230	184	110	55	300		
Apr.	44	117	184	221	225	195	134	53	39	289		
May	74	146	198	220	209	167	97	39	38	277		
June	90	155	200	217	200	141	82	39	39	269		
July	77	145	195	215	204	162	93	40	39	272		
Aug.	47	117	179	214	216	186	128	51	41	282		
Sep.	38	66	149	205	230	219	176	107	56	290		
Oct.	35	35	112	187	231	239	211	160	108	288		
Nov.	33	33	71	161	220	245	233	200	160	273		
Dec.	31	31	55	149	215	246	247	215	179	265		

12 Deg												
	N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR		
Jan.	31	31	63	155	217	246	247	212	182	262		
Feb.	34	34	105	186	235	248	226	177	133	286		
Mar.	36	58	148	210	240	233	190	124	73	297		
Apr.	40	108	178	219	227	200	142	64	40	290		
May	60	139	194	220	212	173	106	40	40	280		
June	75	149	198	217	204	161	90	40	40	274		
July	63	139	191	215	207	168	102	41	41	275		
Aug.	42	109	174	212	218	191	135	62	142	282		
Sep.	37	57	142	201	229	222	182	121	73	287		
Oct.	34	34	103	180	227	238	219	172	130	280		
Nov.	32	32	63	153	214	241	243	209	179	260		
Dec.	30	30	47	141	207	242	251	223	197	250		

16 Deg												
	N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR		
Jan.	30	30	55	147	210	244	251	223	199	248		
Feb.	33	33	96	180	231	247	233	188	154	275		
Mar.	35	53	140	205	239	235	197	138	93	291		
Apr.	39	99	172	216	227	204	150	77	45	289		
May	52	132	189	218	215	179	115	45	41	282		
June	66	142	194	217	207	167	99	41	41	277		
July	55	132	187	214	210	174	111	44	42	277		
Aug.	41	100	168	209	219	196	143	74	46	282		
Sep.	36	50	134	196	227	224	191	134	93	282		
Oct.	33	33	95	174	223	237	225	183	150	270		
Nov.	30	30	55	145	206	241	247	220	196	246		
Dec.	29	29	41	132	198	241	254	233	212	234		

20 Deg												
	N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR		
Jan.	29	29	48	138	201	243	253	233	214	232		
Feb.	31	31	88	173	226	244	238	201	174	263		
Mar.	34	49	132	200	237	236	206	152	115	284		
Apr.	38	92	166	213	228	208	158	91	58	287		
May	47	123	184	217	217	184	124	54	42	283		
June	59	135	189	216	210	173	108	45	42	279		
July	48	124	182	213	212	179	119	53	43	278		
Aug.	40	91	162	206	220	200	152	88	57	280		
Sep.	36	46	127	191	225	225	199	148	114	275		
Oct.	32	32	87	167	217	236	231	196	170	258		
Nov.	29	29	48	136	197	239	249	229	211	230		
Dec.	27	27	35	122	187	238	254	241	226	217		

24 Deg												
	N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR		
Jan.	27	27	41	128	190	240	253	241	227	214		
Feb.	30	30	80	165	220	244	243	213	192	249		
Mar.	34	45	124	195	234	237	214	168	137	275		
Apr.	37	88	159	209	228	212	169	107	75	283		
May	43	117	178	214	218	190	132	67	46	282		
June	55	127	184	214	212	179	117	55	43	279		
July	45	116	176	210	213	185	129	65	46	278		
Aug.	38	87	156	203	220	204	162	103	72	277		
Sep.	35	42	119	185	222	225	206	163	134	266		
Oct.	31	31	79	159	211	237	235	207	187	244		
Nov.	27	27	42	126	187	236	249	237	224	213		
Dec.	26	26	29	112	180	234	247	247	237	199		

28 Deg												
	N (Shade)	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR		
Jan.	25	25	35	117	183	235	251	247	238	196		
Feb.	29	29	72	157	213	244	246	224	207	234		
Mar.	33	41	116	189	231	237	221	182	157	265		
Apr.	36	84	151	205	228	216	178	124	94	278		
May	40	115	172	211	219	195	144	83	58	280		
June	51	125	178	211	213	184	128	68	49	278		
July	41	114	170	208	215	190	140	80	57	276		
Aug.	38	83	149	199	220	207	172	120	91	272		
Sep.	34	38	111	179	219	226	213	177	154	256		
Oct.	30	30	71	150	204	236	238	217	202	229		
Nov.	26	26	35	115	181	232	247	243	235	195		
Dec.	24	24	24	99	172	227	248	251	246	179		

h. Tabel Cooling Load Factors for Glass with Interior Shading, North Latitudes (All Room Constructions) (ASHRAE Table 3.28)

Fenestration Facing	Solar Time, hr																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.73	0.66	0.65	0.73	0.80	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.75	0.78	0.91	0.24	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10
NNE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.64	0.77	0.62	0.42	0.37	0.37	0.36	0.35	0.32	0.28	0.23	0.17	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04
NE	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.56	0.76	0.74	0.58	0.37	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
ENE	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.52	0.76	0.80	0.71	0.52	0.31	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.15	0.11	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
E	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.47	0.72	0.80	0.76	0.62	0.41	0.27	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.11	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03
ESE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.41	0.67	0.79	0.80	0.72	0.54	0.34	0.27	0.24	0.21	0.19	0.15	0.12	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03
SE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.30	0.57	0.74	0.81	0.79	0.68	0.49	0.33	0.28	0.25	0.22	0.18	0.13	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
SSE	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.12	0.31	0.54	0.72	0.81	0.81	0.71	0.54	0.38	0.32	0.27	0.22	0.16	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04
S	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.09	0.16	0.23	0.38	0.58	0.75	0.83	0.80	0.68	0.50	0.35	0.27	0.19	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
SSW	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.09	0.14	0.18	0.22	0.27	0.43	0.63	0.78	0.84	0.80	0.66	0.46	0.25	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06
SW	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.38	0.59	0.75	0.83	0.81	0.69	0.45	0.16	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06
WSW	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.23	0.44	0.64	0.78	0.84	0.78	0.55	0.16	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06
W	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.31	0.53	0.72	0.82	0.81	0.61	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
WNW	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.18	0.22	0.43	0.65	0.80	0.84	0.66	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
NW	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.07	0.11	0.14	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.82	0.69	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
NNW	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.11	0.17	0.22	0.26	0.30	0.32	0.33	0.34	0.34	0.39	0.61	0.82	0.76	0.17	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
HOR.	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.12	0.27	0.44	0.59	0.72	0.81	0.85	0.85	0.81	0.71	0.58	0.42	0.25	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06

i. Tabel Rates of Heat Gain from Occupants of Conditioned Spaces (ASHRAE Table 4.5)

Table 4.5 Rates of Heat Gain from Occupants of Conditioned Spaces ^a

Degree of Activity	Typical Application	ADULT MALE		ADJUSTED GROUP ^b		ADJUSTED GROUP ^b		ADJUSTED GROUP ^b	
		%/person Watts	+ %/person Btu/h	%/person Watts	+ %/person Btu/h	%/person Watts	+ %/person Btu/h	%/person Watts	+ %/person Btu/h
Seated at rest	Theater, movie	115	400	100	350	60	210	40	140
Seated, very light work writing	Offices, hotels, apts	140	480	120	420	65	230	55	190
Seated, eating	Restaurant ^c	150	520	170	580 ^c	75	255	95	325
Seated, light work, typing	Offices, hotels, apts	185	640	150	510	75	255	75	255
Striding, light work or walking slowly	Retail Store, bank	235	800	185	640	90	315	95	325
Light bench work	Factory	255	880	230	780	100	345	130	435
Walking, 3 mph, light machine work	Factory	305	1040	305	1040	100	345	205	695
Bowling ^d	Bowling alley	350	1200	280	960	100	345	180	615
Moderate dancing	Dance hall	400	1360	375	1280	120	405	255	875
Heavy work, heavy machine work, lifting	Factory	470	1600	470	1600	165	565	300	1035
Heavy work, athletics	Gymnasium	585	2000	525	1800	185	635	340	1165

^aNote: Tabulated values are based on 78 F room dry-bulb temperature. For 80 F room dry-bulb, the total heat remains the same, but the sensible heat value should be decreased by approximately 8% and the latent heat values increased accordingly.

^bAdjusted total heat gain is based on normal percentage of men, women, and children for the application listed, with the postulate that the gain from an adult female is 85% of that for an adult male, and that the gain from a child is 75% of that for an adult male.

^cAdjusted total heat value for eating in a restaurant, includes 60 Btu/hr for food per individual (30 Btu sensible and 30 Btu latent).

^dFor bowling figure one person per alley actually bowling, and all others as sitting (400 Btu/hr) or standing and walking slowly (790 Btu/hr).

Also refer to Tables 4 and 5, Chapter 8, 1977 ASHRAE Handbook of Fundamentals.

j. **Tabel Tingkat Pencahayaan Rata-rata, Renderansi dan Temperatur Warna yang Direkomendasi (SNI 03-6197-2000 Tabel 1)**

Tabel 1 Tingkat pencahayaan rata-rata, renderansi dan temperatur warna yang direkomendasikan

Fungsi ruangan	Tingkat pencahayaan (Lux)	Kelompok renderasi warna	Temperatur warna		
			Warm white <3300 K	Cool white 3300 K-5300K	Daylight > 5300 K
Rumah tinggal :					
Teras	60	1 atau 2	♦	♦	
Ruang tamu	120 ~ 150	1 atau 2		♦	
Ruang makan	120 ~ 250	1 atau 2	♦		
Ruang kerja	120 ~ 250	1		♦	♦
Kamar tidur	120 ~ 250	1 atau 2	♦	♦	
Kamar mandi	250	1 atau 2		♦	♦
Dapur	250	1 atau 2	♦	♦	
Garasi	60	3 atau 4		♦	♦
Perkantoran :					
Ruang Direktur	350	1 atau 2		♦	♦
Ruang kerja	350	1 atau 2		♦	♦
Ruang komputer	350	1 atau 2		♦	♦
Ruang rapat	300	1	♦	♦	
Ruang gambar	750	1 atau 2		♦	♦
Gudang arsip	150	1 atau 2		♦	♦
Ruang arsip aktif	300	1 atau 2		♦	♦
Lembaga Pendidikan :					
Ruang kelas	250	1 atau 2		♦	♦
Perpustakaan	300	1 atau 2		♦	♦
Laboratorium	500	1		♦	♦
Ruang gambar	750	1		♦	♦
Kantin	200	1	♦	♦	
Hotel dan Restoran :					
Lobi, koridor	100	1	♦	♦	
Ruang serba guna	200	1	♦	♦	
Ruang makan	250	1	♦	♦	
Kafetaria	200	1	♦	♦	
Kamar tidur	150	1 atau 2	♦		
Dapur	300	1	♦	♦	

Continued

Tabel 1 (lanjutan)

Fungsi ruangan	Tingkat pencahayaan (Lux)	Kelompok renderasi warna	Temperatur warna		
			Warm white <3300 K	Cool white 3300 K-5300K	Daylight > 5300 K
Rumah sakit/ Balai pengobatan					
Ruang rawat inap	250	1 atau 2		♦	♦
Ruang operasi, ruang bersalin	300	1		♦	♦
Laboratorium	500	1 atau 2		♦	♦
Ruang rekreasi dan rehabilitasi	250	1	♦	♦	
Pertokoan/Ruang Pamer :					
Ruang pameran dengan obyek berukuran besar (misalnya mobil)	500	1	♦	♦	♦
Toko kue dan makanan.	250	1	♦	♦	
Toko bunga	250	1		♦	
Toko buku dan alat tulis/ gambar.	300	1	♦	♦	♦
Toko perhiasan, arloji.	500	1	♦	♦	
Toko barang kulit dan sepatu	500	1	♦	♦	
Toko pakaian.	500	1	♦	♦	
Pasar swalayan	500	1 atau 2	♦	♦	
Toko mainan	500	1	♦	♦	
Toko alat listrik (TV, Radio/tape, mesin cuci dan lain-lain)	250	1 atau 2	♦	♦	♦
Toko alat musik dan olahraga	250	1	♦	♦	♦
Industri (Umum) :					
Gudang	100	3		♦	♦
Pekerjaan kasar	100 ~ 200	2 atau 3		♦	♦
Pekerjaan menengah	200 ~ 500	1 atau 2		♦	♦
Pekerjaan halus	500 ~ 1000	1		♦	♦
Pekerjaan amat halus	1000-2000	1		♦	♦
Pemeriksaan warna	750	1		♦	♦
Rumah ibadah :					
Masjid	200	1 atau 2		♦	
Gereja	200	1 atau 2		♦	
Vihara	200	1 atau 2		♦	

k. Tabel Daya Listrik Maksimum untuk Pencahayaan (SNI 03-6197-2000 Tabel 2)

Tabel 2 Daya listrik maksimum untuk pencahayaan

Lokasi	Daya pencahayaan maksimum (W/m²) (termasuk rugi-rugi balast)
Ruang kantor	15
Auditorium	25
Pasar swalayan.	20
Hotel :	
Kamar tamu.	17
Daerah umum.	20
Rumah Sakit	
Ruang pasien.	15
Gudang	5
Kafeteria	10
Garasi	2
Restauran	25
Lobi	10
Tangga	10
Ruang parkir	5
Ruang perkumpulan	20
Industri	20
Pintu masuk dengan kanopi :	
Lalu lintas sibuk seperti hotel, bandara, teater.	30
Lalu lintas sedang seperti rumah sakit, kantor dan sekolah.	15
Jalan dan lapangan :	
Tempat penimbunan atau tempat kerja	2,0
Tempat untuk santai seperti taman, tempat rekreasi, dan tempat piknik	1,0
Jalan untuk kendaraan dan pejalan kaki	1,5
Tempat parkir	2,0

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran B

A. Beban Penghuni

No	Ruangan	Penghuni			Beban Penghuni (Btu/hr)		
		09:00	12:00	15:00	09:00	12:00	15:00
LANTAI IV							
1	Perpustakaan Cetak	4	3	3	920	690	690
2	Ruang Kuliah 1	37	48	41	8510	11040	9430
3	Ruang Kuliah 2	34	43	48	7820	9890	11040
4	Ruang Kuliah 3	39	45	43	8970	10350	9890
5	Ruang Kuliah 4	42	47	39	9660	10810	8970
6	Ruang Kuliah 5	36	42	39	8280	9660	8970
7	Ruang Kuliah 6	38	45	48	8740	10350	11040
8	Ruang Kuliah 7	43	46	39	9890	10580	8970
9	Laboratorium Bio Kimia	74	78	75	23310	24570	23625
10	Ruang Koordinator P2M Akutansi	2	3	4	510	765	1020
11	Ruang Dosen	10	16	12	2550	4080	3060
12	Ruang Wakil Dekan 1	3	5	2	765	1275	510
13	Ruang Wakil Dekan 2	2	3	2	510	765	510
14	Ruang Wakil Dekan 3	2	4	2	510	1020	510
15	Ruang Dekan	1	4	3	255	1020	765
16	Ruang Tunggu Dekanat	3	6	4	630	1260	840
17	Ruang Rapat	8	13	9	2040	3315	2295
18	Ruang Koordinator P2M Manajemen	4	3	4	1020	765	1020
19	Ruang Tamu	10	15	8	2100	3150	1680
20	Koridor	35	37	42	7350	7770	8820
Lantai VI							
21	Ruang Dosen 1	9	13	13	2295	3315	3315
22	Ruang Kuliah 1	45	43	48	10350	9890	11040
23	Ruang Kuliah 2	39	43	48	8970	9890	11040
24	Ruang Kuliah 3	39	45	43	8970	10350	9890
25	Ruang Kuliah 4	41	43	39	9430	9890	8970
26	Ruang Kuliah 5	46	42	38	10580	9660	8740
27	Ruang Kuliah 6	46	45	48	10580	10350	11040
28	Ruang Kuliah 7	43	46	39	9890	10580	8970
29	Laboratorium Fisiologi	72	73	77	22680	22995	24255
30	Ruang Dosen 2	10	15	13	2550	3825	3315
31	Ruang Wakil Dekan 1	3	4	5	765	1020	1275
32	Ruang Wakil Dekan 2	3	5	2	765	1275	510
33	Ruang Wakil Dekan 3	2	3	3	510	765	765
34	Ruang Dekan	2	4	2	510	1020	510
35	Ruang Tunggu Dekanat	3	4	5	630	840	1050
36	Ruang Rapat	9	12	10	2295	3060	2550
37	Ruang Penelitian Pengembangan dan	8	13	9	2040	3315	2295

	Terapan Psikologi Kesehatan						
38	Ruang Pusat Psikometri Terapan	4	3	4	1020	765	1020
39	Ruang Tamu	10	15	8	2100	3150	1680
40	Koridor	35	37	42	7350	8610	9030
41	Laboratorium Eksperimen	10	11	8	3150	3465	2520
42	Laboratorium Pengembangan Anak	4	6	7	1260	1890	2205
43	Ruang Konsultasi	2	3	3	630	945	945
44	Ruang Tunggu Konsultasi	1	2	1	315	630	315
45	Laboratorium Observasi dan Wawancara	7	10	8	2205	3150	2520
46	Ruang Monitoring	4	5	3	1260	1575	945
47	Ruang Audiovisual	11	9	12	3465	2835	3780

b.Beban Peralatan

No	Ruang	Peralatan Elektronik	Total Beban Peralatan (Btu/hr)
Lantai IV			
1	Perpustakaan Cetak	Komputer(1)	716,33
2	Ruang Kuliah 1	Komputer(1),Proyektor (1)	1690,33
3	Ruang Kuliah 2	Komputer(1),Proyektor (1)	1690,33
4	Ruang Kuliah 3	Komputer(1),Proyektor (1)	1690,33
5	Ruang Kuliah 4	Komputer(1),Proyektor (1)	1690,33
6	Ruang Kuliah 5	Komputer(1),Proyektor (1)	1690,33
7	Ruang Kuliah 6	Komputer(1),Proyektor (1)	1690,33
8	Ruang Kuliah 7	Komputer(1),Proyektor (1)	1690,33
9	Laboratorium Bio Kimia	Proyektor (1), Telepon (1)	1337,506
10	Ruang Koordinator P2M Akutansi	Komputer(2), Telepon (1)	773,166
11	Ruang Dosen	Komputer(8), Telepon (8), Printer (1)	3625,988
12	Ruang Wakil Dekan 1	Komputer(1), Telepon (1)	397,836
13	Ruang Wakil Dekan 2	Komputer(1), Telepon (1)	397,836
14	Ruang Wakil Dekan 3	Komputer(2), Telepon (1)	773,166
15	Ruang Dekan	Komputer(2), Telepon (1), Printer (1)	1216,466
16	Ruang Tunggu Dekanat	Telepon (1)	22,506
17	Ruang Rapat	Komputer(1),Proyektor (1) , Telepon (1)	1712,836
18	Ruang Koordinator P2M Manajemen	Komputer(2), Telepon (1)	1216,466
19	Ruang Tamu	Komputer(3), Printer (1), Mesin Fotocopy (1), TV (1), Telepon (1)	4932,796
Lantai VI			
20	Ruang Dosen 1	Komputer(8), Telepon (8)	3625,988
21	Ruang Kuliah 1	Komputer(1),Proyektor (1)	1690,33

22	Ruang Kuliah 2	Komputer(1),Proyektor (1)	1690,33
23	Ruang Kuliah 3	Komputer(1),Proyektor (1)	1690,33
24	Ruang Kuliah 4	Komputer(1),Proyektor (1)	1690,33
25	Ruang Kuliah 5	Komputer(1),Proyektor (1)	1690,33
26	Ruang Kuliah 6	Komputer(1),Proyektor (1)	1690,33
27	Ruang Kuliah 7	Komputer(1),Proyektor (1)	1690,33
28	Laboratorium Fisiologi	Proyektor (1), Telepon (1)	1315
29	Ruang Dosen 2	Komputer(8), Telepon (8), Printer (1)	3625,988
30	Ruang Wakil Dekan 1	Komputer(1), Telepon (1)	397,836
31	Ruang Wakil Dekan 2	Komputer(1), Telepon (1)	397,836
32	Ruang Wakil Dekan 3	Komputer(2), Telepon (1)	773,166
33	Ruang Dekan	Komputer(2), Telepon (1), Printer (1)	1216,466
34	Ruang Tunggu Dekanat	Telepon (1)	22,506
35	Ruang Rapat	Komputer(1),Proyektor (1) , Telepon (1)	1712,836
36	Ruang Penelitian Pengembangan dan Terapan Psikologi Kesehatan	Komputer(2), Telepon (1)	773,166
37	Ruang Pusat Psikometri Terapan	Komputer(2), Telepon (1)	1216,466
38	Ruang Tamu	Komputer(3), Printer (1), Mesin Fotocopy (1), TV (1), Telepon (1)	4932,796
39	Koridor	n/a	-
40	Laboratorium Eksperimen	Komputer(4), Proyektor (1)	2838,826
41	Ruang Konsultasi	n/a	-
42	Ruang Tunggu Konsultasi	Telepon (1)	22,506
43	Ruang Monitoring	Komputer(6), Telepon (1)	2274,486
44	Ruang Audiovisual	Komputer(10)	3753,3

c. Beban Lampu Aktual

No	Ruangan	Jenis Lampu	Daya (Watt)	Flux (Lumens)	Jumlah Lampu	Total Beban Lampu (Btu/hr)
Lantai IV						
1	Perpustakaan cetak	Philips TL-D	18	1025	228	16794
2	Ruang Kuliah 1	Philips TL-D	18	1025	44	3241
3	Ruang Kuliah 2	Philips TL-D	18	1025	44	3241
4	Ruang Kuliah 3	Philips TL-D	18	1025	32	2357
5	Ruang Kuliah 4	Philips TL-D	18	1025	36	2652
6	Ruang Kuliah 5	Philips TL-D	18	1025	32	2357
7	Ruang Kuliah 6	Philips TL-D	18	1025	36	2652
8	Ruang Kuliah 7	Philips TL-D	18	1025	32	2357
9	Laboratorium Bio Kimia	Philips TL-D	36	1600	168	24748

10	Ruang Koordinator P2M Akutansi	Philips TL-D	36	1600	8	1179
11	Ruang Dosen	Philips TL-D	36	1600	16	2357
12	Ruang Wakil Dekan 1	Philips TL-D	36	1600	8	1670
		Phillips Tornado	24	1450	5	2210
13	Ruang Wakil Dekan 2	Philips TL-D	36	1600	8	1866
		Phillips Tornado	24	1450	7	1670
14	Ruang Wakil Dekan 3	Philips TL-D	36	1600	7	589
		Phillips Tornado	24	1450	8	1620
15	Ruang Dekan	Philips TL-D	36	1600	8	1179
		Phillips Light	18	920	5	4174
16	Ruang Tunggu Dekanat	Phillips Tornado	24	1450	4	18660
17	Ruang Rapat	Phillips Tornado	24	1450	9	16794
		Phillips Light	18	905	5	3241
18	Ruang Koordinator P2M Manajemen	Philips TL-D	36	1600	8	3241
19	Ruang Tamu	Philips TL-D	36	1600	12	2357
		Phillips Tornado	24	1450	8	2652
		Phillips Light	18	905	11	2357
20	Koridor	Phillips Tornado	24	1450	136	2652
		Phillips Light	18	905	36	2357
Lantai VI						
21	Ruang Dosen 1	Philips TL-D	36	1600	72	15910
22	Ruang Kuliah 1	Philips TL-D	18	1025	44	3241
23	Ruang Kuliah 2	Philips TL-D	18	1025	44	3241
24	Ruang Kuliah 3	Philips TL-D	18	1025	32	2357
25	Ruang Kuliah 4	Philips TL-D	18	1025	36	2652
26	Ruang Kuliah 5	Philips TL-D	18	1025	32	2357
27	Ruang Kuliah 6	Philips TL-D	18	1025	36	2652
28	Ruang Kuliah 7	Philips TL-D	18	1025	32	2357
29	Laboratorium Fisiologi	Philips TL-D	36	1600	168	24749
30	Ruang Dosen 2	Philips TL-D	36	1600	16	2357
31	Ruang Wakil Dekan 1	Philips TL-D	36	1600	8	1670
		Phillips Tornado	24	1450	5	2210
32	Ruang Wakil Dekan 2	Philips TL-D	36	1600	8	1866
		Phillips Light	18	905	7	1670
33	Ruang Wakil Dekan 3	Philips TL-D	36	1600	8	589
		Phillips Tornado	24	1450	7	1620
34	Ruang Dekan	Philips TL-D	36	1600	8	1179
		Phillips Tornado	24	1450	5	1179
35	Ruang Tunggu Dekanat	Phillips Light	18	905	4	4174
36	Ruang Rapat	Phillips Tornado	24	1450	5	18660
		Phillips Light	18	905	9	5401
37	Ruang Penelitian Pengembangan dan Terapan Psikologi	Philips TL-D	36	1600	8	2946

	Kesehatan					
38	Ruang Pusat Psikometri Terapan	Philips TL-D	36	1600	8	1179
39	Ruang Tamu	Philips TL-D	36	1600	12	1179
		Phillips Tornado	24	1450	11	2210
		Phillips Light	18	905	8	2357
40	Koridor	Phillips Tornado	24	1450	136	3536
		Phillips Light	18	905	36	15910
41	Laboratorium Eksperimen	Philips TL-D	36	1600	36	3241
		Phillips Light	18	905	1	3241
42	Laboratorium Pengembangan Anak	Philips TL-D	36	1600	20	2357
43	Ruang Konsultasi	Philips TL-D	36	1600	8	2652
44	Ruang Tunggu Konsultasi	Philips TL-D	36	1600	8	2357
45	Laboratorium Observasi dan Wawancara	Phillips Light	18	905	15	2652
46	Ruang Monitoring	Philips TL-D	36	1600	16	2357
47	Ruang Audiovisual	Philips TL-D	36	1600	24	24748

d. Beban Transmisi Pada Dinding

No	Ruangan	Jam		
		09:00	12:00	15:00
LANTAI IV				
1	Perpustakaan Cetak	2422,01	2342,698	2517,596
2	Ruang Kuliah 1	-	-	-
3	Ruang Kuliah 2	580,1515	495,4103	495,4103
4	Ruang Kuliah 3	580,1515	495,4103	495,4103
5	Ruang Kuliah 4	1626,38	1456,897	1456,897
6	Ruang Kuliah 5	1046,228	961,487	961,487
7	Ruang Kuliah 6	1046,228	961,487	961,487
8	Ruang Kuliah 7	-	-	-
9	Laboratorium Bio Kimia	2197,778	2019,765	2019,765
10	Ruang Koordinator P2M Akutansi	-	-	-
11	Ruang Dosen	1226,053	1331,721	1513,175
12	Ruang Wakil Dekan 1	302,1486	366,806	447,6276
13	Ruang Wakil Dekan 2	256,9123	279,5554	336,1632
14	Ruang Wakil Dekan 3	234,4872	284,6656	347,3885
15	Ruang Dekan	297,7689	361,489	441,1392
16	Ruang Tunggu Dekanat	-	-	-
17	Ruang Rapat	-	-	-
18	Ruang Koordinator P2M Manajemen	-	-	-
19	Ruang Tamu	-	-	-

20	Koridor	-	-	-
Lantai VI				
21	Ruang Dosen 1	580,1283	495,3905	495,3905
22	Ruang Kuliah 1	-	-	-
23	Ruang Kuliah 2	580,1515	495,4103	495,4103
24	Ruang Kuliah 3	580,1515	495,4103	495,4103
25	Ruang Kuliah 4	1626,38	1456,897	1456,897
26	Ruang Kuliah 5	1046,228	961,487	961,487
27	Ruang Kuliah 6	1046,228	961,487	961,487
28	Ruang Kuliah 7	-	-	-
29	Laboratorium Fisiologi	2197,778	2019,765	2019,765
30	Ruang Dosen 2	1226,053	1331,721	1513,175
31	Ruang Wakil Dekan 1	302,1486	366,806	447,6276
32	Ruang Wakil Dekan 2	256,9123	279,5554	336,1632
33	Ruang Wakil Dekan 3	234,4872	284,6656	347,3885
34	Ruang Dekan	297,7689	361,489	441,1392
35	Ruang Tunggu Dekanat	-	-	-
36	Ruang Rapat	-	-	-
37	Ruang Penelitian Pengembangan dan Terapan Psikologi Kesehatan	-	-	-
38	Ruang Pusat Psikometri Terapan	-	-	-
39	Ruang Tamu	-	-	-
40	Koridor	-	-	-
41	Laboratorium Eksperimen	1261,78	1351,94	1526,838
42	Laboratorium Pengembangan Anak	-	-	-
43	Ruang Konsultasi	-	-	-
44	Ruang Tunggu Konsultasi	0	0	0
45	Laboratorium Observasi dan Wawancara	798,2504	681,6521	681,6521
46	Ruang Monitoring	-	-	-
47	Ruang Audiovisual	-	-	-

e. Beban Radiasi Kaca Aktual

No	Ruangan	Jam		
		09:00	12:00	15:00
LANTAI IV				
1	Perpustakaan Cetak	6331,565	6727,288	4748,674
2	Ruang Kuliah 1	-	-	-
3	Ruang Kuliah 2	2110,319	2242,214	1582,739
4	Ruang Kuliah 3	2110,319	2242,214	1582,739
5	Ruang Kuliah 4	8703,827	7187,345	5778,608
6	Ruang Kuliah 5	6593,508	4945,131	4195,869
7	Ruang Kuliah 6	6593,508	4945,131	4195,869
8	Ruang Kuliah 7	-	-	-

9	Laboratorium Bio Kimia	17454,5	13090,88	11107,41
10	Ruang Koordinator P2M Akutansi	-	-	-
11	Ruang Dosen	-	-	-
12	Ruang Wakil Dekan 1	3268,171	4159,491	11884,26
13	Ruang Wakil Dekan 2	2358,428	3084,099	5442,527
14	Ruang Wakil Dekan 3	1799,818	2290,678	6544,794
15	Ruang Dekan	3220,806	4099,207	11712,02
16	Ruang Tunggu Dekanat	-	-	-
17	Ruang Rapat	-	-	-
18	Ruang Koordinator P2M Manajemen	-	-	-
19	Ruang Tamu	-	-	-
20	Koridor	-	-	-
Lantai VI				
21	Ruang Dosen 1	2110,511	2242,418	1582,883
22	Ruang Kuliah 1	-	-	-
23	Ruang Kuliah 2	2110,319	2242,214	1582,739
24	Ruang Kuliah 3	2110,319	2242,214	1582,739
25	Ruang Kuliah 4	8703,827	7187,345	5778,608
26	Ruang Kuliah 5	6593,508	4945,131	4195,869
27	Ruang Kuliah 6	6593,508	4945,131	4195,869
28	Ruang Kuliah 7	-	-	-
29	Laboratorium Fisiologi	17454,5	13090,88	11107,41
30	Ruang Dosen 2	-	-	-
31	Ruang Wakil Dekan 1	3268,171	4159,491	11884,26
32	Ruang Wakil Dekan 2	2358,428	3084,099	5442,527
33	Ruang Wakil Dekan 3	1799,818	2290,678	6544,794
34	Ruang Dekan	3220,806	4099,207	11712,02
35	Ruang Tunggu Dekanat	-	-	-
36	Ruang Rapat	-	-	-
37	Ruang Penelitian Pengembangan dan Terapan Psikologi Kesehatan	-	-	-
38	Ruang Pusat Psikometri Terapan	-	-	-
39	Ruang Tamu	-	-	-
40	Koridor	-	-	-
41	Laboratorium Eksperimen	2110,511	2242,418	1582,883
42	Laboratorium Pengembangan Anak	-	-	-
43	Ruang Konsultasi	-	-	-
44	Ruang Tunggu Konsultasi	-	-	-
45	Laboratorium Observasi dan Wawancara	-	-	-
46	Ruang Monitoring	-	-	-
47	Ruang Audiovisual	-	-	-

Halaman ini sengaja dikosongkan

RIWAYAT PENULIS



Fakhru Fuady adalah anak kedua dari dua bersaudara, yang lahir pada 26 Mei 1994 di Jakarta. Penulis memulai pendidikan TK di Al-Huda Bekasi. Penulis melanjutkan pendidikan sekolah dasar di SDIT Thariq bin Ziyad, Bekasi. Lalu penulis melanjutkan jenjang pendidikannya ke SMP Islam Plus Arafah, Bogor pada tahun 2006. Pada tahun 2009, penulis meneruskan pendidikannya di SMA PU Al-Bayan, Sukabumi. Penulis melanjutkan studinya ke jenjang perkuliahan pada tahun 2012 di Jurusan S1 Teknik Mesin ITS, Surabaya. Di kampus ini penulis mendapatkan banyak pengalaman dan ilmu yang berharga sebagai bekal menjalani kehidupan. Semasa kuliah, penulis aktif di berbagai organisasi, diantaranya adalah Ash-Shaff, UKM Futsal dan juga menjadi asisten di Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa. Saat kuliah penulis juga aktif dalam proyek audit energi di Pertamina RU II Dumai & Sei Pakning.

Untuk segala informasi dan saran yang ditujukan kepada penulis dapat menghubungi penulis melalui *e-mail* fakhrul_fuady@yahoo.co.id.

Halaman ini sengaja dikosongkan